

9.6 Определение ступени регулирования

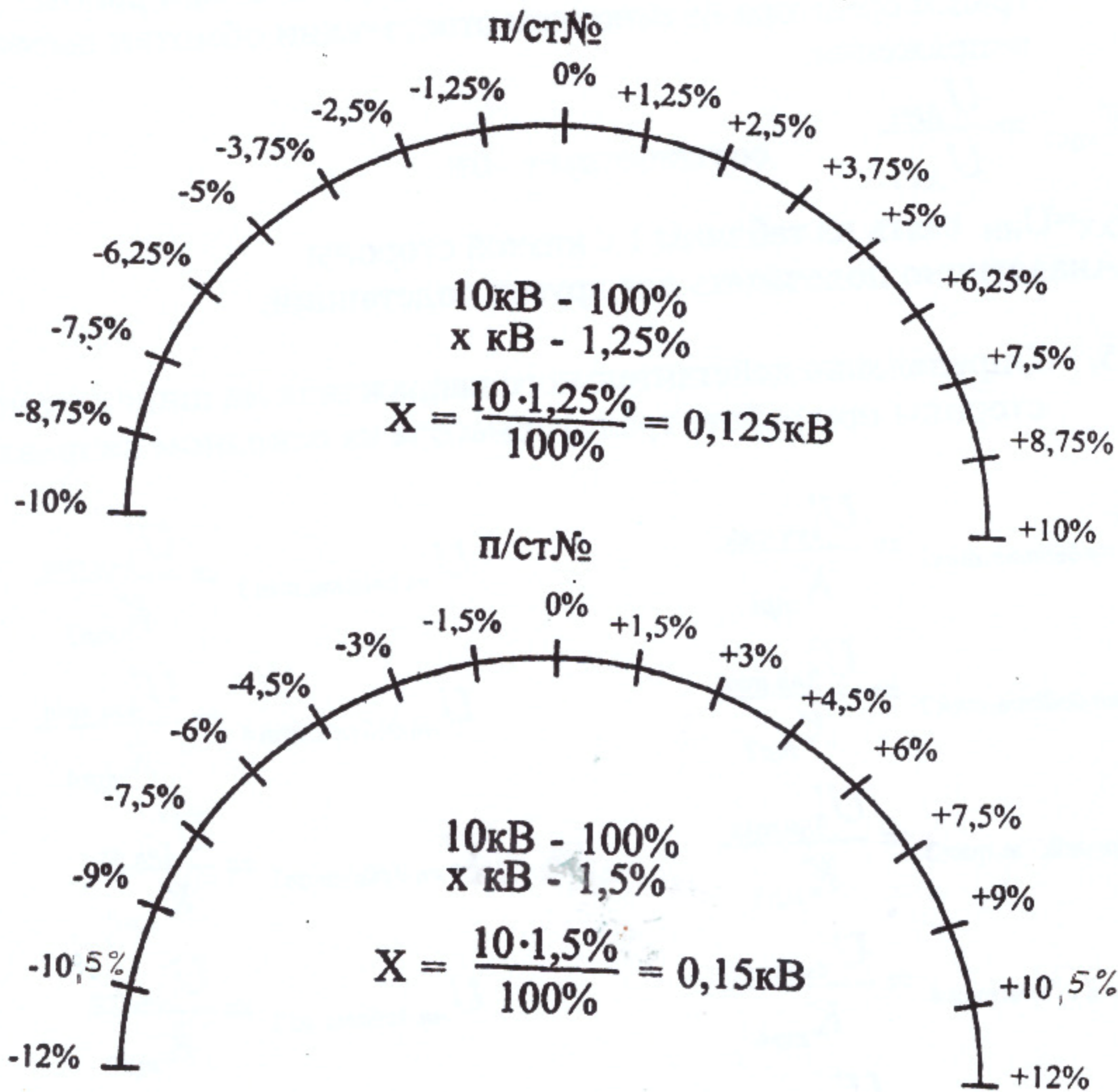


Таблица 11

Регулирование напряжения.

№ Подстанции	Коэффициент трансформации	Напряжение действ. на основном. ответвлении.			Положение ответвления %			Действительное напряжение		
		макс. режим кВ	мин. режим кВ	авар. режим кВ	макс. режим кВ	мин. режим кВ	авар. режим кВ	макс. режим кВ	мин. режим кВ	авар. режим кВ
1	$K_{тр} = \frac{35 \pm 8 \cdot 1,25\%}{10,5}$	9,59			+10%			10,59		
2										
3										
4										

$U_{жсл. max} = 10,5 - 11 \text{ кВ}$

$U_{жсл. min} = 10 - 10,5 \text{ кВ}$

$U_{жсл. ав} = 10 \text{ кВ}$

Вывод: Действительное напряжение со стороны низкого напряжения подстанции соответствует зоне желаемых напряжений.

9.4. Определение коэффициента трансформации при работе трансформатора на основном ответвлении обмотки высокого напряжения.

$$K_{тр.1} = \frac{U_{ВН1}}{U_{ХХ1}} \quad \text{соответствует } \pm 0\%$$

$U_{ХХ} = U_{НН}$ взять из таблицы 1 с низкой стороны.

Аналогично подсчитать для других подстанций.

9.5. Определение действительного напряжения на шинах с низкой стороны при работе трансформатора на основном направлении.

$$U_{нн \text{ действ. max } 1} = \frac{U'_{1нн \text{ max}}}{K_{тр1}}$$

$$U_{нн \text{ действ. min } 3} = \frac{U'_{3нн \text{ min}}}{K_{тр3}}$$

$$U_{нн \text{ действ. max } 2} = \frac{U'_{2нн \text{ max}}}{K_{тр2}}$$

$$U_{нн \text{ действ. min } 4} = \frac{U'_{4нн \text{ min}}}{K_{тр4}}$$

$$U_{нн \text{ действ. max } 3} = \frac{U'_{3нн \text{ max}}}{K_{тр3}}$$

$$U_{нн \text{ действ. ав } 1} = \frac{U'_{1нн \text{ ав}}}{K_{тр1}}$$

$$U_{нн \text{ действ. max } 4} = \frac{U'_{4нн \text{ max}}}{K_{тр4}}$$

$$U_{нн \text{ действ. ав } 2} = \frac{U'_{2нн \text{ ав}}}{K_{тр2}}$$

$$U_{нн \text{ действ. min } 1} = \frac{U'_{1нн \text{ min}}}{K_{тр1}}$$

$$U_{нн \text{ действ. ав } 3} = \frac{U'_{3нн \text{ ав}}}{K_{тр3}}$$

$$U_{нн \text{ действ. min } 2} = \frac{U'_{2нн \text{ min}}}{K_{тр2}}$$

$$U_{нн \text{ действ. ав } 4} = \frac{U'_{4нн \text{ ав}}}{K_{тр4}}$$

Трансформаторы, мощностью 1000-6300 кВА имеют следующий диапазон регулирования напряжения.

$$U = U_{ном.} \pm 8 \cdot 1,25\% \quad \text{или} \quad K_{тр} = \frac{U_{ном.} \pm 8 \cdot 1,25\%}{U_{ХХ}}$$

Трансформаторы, мощностью 10000-63000кВА имеют следующий диапазон регулирования напряжения.

$$U = U_{ном.} \pm 8 \cdot 1,5\% \quad \text{или} \quad K_{тр} = \frac{U_{ном.} \pm 8 \cdot 1,5\%}{U_{ХХ}}$$

$$U'_{3нн.мах} = U_{3мах} - \frac{P_{рас.мах\ n/cm3} \cdot \frac{R_{mp3}}{2} + Q_{рас.мах\ n/cm3} \cdot \frac{X_{mp3}}{2}}{U_{3мах} \cdot 10^3}$$

$$U'_{4нн.мах} = U_{4мах} - \frac{P_{рас.мах\ n/cm4} \cdot \frac{R_{mp4}}{2} + Q_{рас.мах\ n/cm4} \cdot \frac{X_{mp4}}{2}}{U_{4мах} \cdot 10^3}$$

$P_{рас.мин}$; $Q_{рас.мин}$ ВЗЯТЬ ИЗ ТАБЛИЦЫ 4 (6-ая строка).

$$U'_{1нн.мин} = U_{1мин} - \frac{P_{рас.мин\ n/cm1} \cdot \frac{R_{mp1}}{2} + Q_{рас.мин\ n/cm1} \cdot \frac{X_{mp1}}{2}}{U_{1мин} \cdot 10^3}$$

$$U'_{2нн.мин} = U_{2мин} - \frac{P_{рас.мин\ n/cm2} \cdot \frac{R_{mp2}}{2} + Q_{рас.мин\ n/cm2} \cdot \frac{X_{mp2}}{2}}{U_{2мин} \cdot 10^3}$$

$$U'_{3нн.мин} = U_{3мин} - \frac{P_{рас.мин\ n/cm3} \cdot \frac{R_{mp3}}{2} + Q_{рас.мин\ n/cm3} \cdot \frac{X_{mp3}}{2}}{U_{3мин} \cdot 10^3}$$

$$U'_{4нн.мин} = U_{4мин} - \frac{P_{рас.мин\ n/cm4} \cdot \frac{R_{mp4}}{2} + Q_{рас.мин\ n/cm4} \cdot \frac{X_{mp4}}{2}}{U_{4мин} \cdot 10^3}$$

$$U'_{1нн.ав} = U_{1ав} - \frac{P_{рас.мах\ n/cm1} \cdot \frac{R_{mp1}}{2} + Q_{рас.мах\ n/cm1} \cdot \frac{X_{mp1}}{2}}{U_{1ав} \cdot 10^3}$$

$$U'_{2нн.ав} = U_{2ав} - \frac{P_{рас.мах\ n/cm2} \cdot \frac{R_{mp2}}{2} + Q_{рас.мах\ n/cm2} \cdot \frac{X_{mp2}}{2}}{U_{2ав} \cdot 10^3}$$

$$U'_{3нн.ав} = U_{3ав} - \frac{P_{рас.мах\ n/cm3} \cdot \frac{R_{mp3}}{2} + Q_{рас.мах\ n/cm3} \cdot \frac{X_{mp3}}{2}}{U_{3ав} \cdot 10^3}$$

$$U'_{4нн.ав} = U_{4ав} - \frac{P_{рас.мах\ n/cm4} \cdot \frac{R_{mp4}}{2} + Q_{рас.мах\ n/cm4} \cdot \frac{X_{mp4}}{2}}{U_{4ав} \cdot 10^3}$$

9. Регулирование напряжения на подстанциях.

9.1. Определение напряжений на шинах проектируемых подстанций во всех режимах. Регулирование напряжения производится изменением коэффициента трансформации трансформаторов.

По данным предыдущих расчетов напряжения в точках сети в различных режимах получились равными:

$$\begin{array}{lll}
 U_{1\max} = & U_{1\min} = & U_{1ав} = \\
 U_{2\max} = & U_{2\min} = & U_{2ав} = \\
 U_{3\max} = & U_{3\min} = & U_{3ав} = \\
 U_{4\max} = & U_{4\min} = & U_{4ав} =
 \end{array}$$

9.2. Регулирование напряжения будет производиться на трансформаторах 35/10кВ и 110/10кВ с РПН посредством изменения коэффициента трансформации трансформатора.

Согласно ПУЭ желаемая величина напряжения на шинах 10кВ подстанции, обеспечивающая нормальную работу присоединенных к ней потребителей:

в максимальном режиме	10,5 – 11 кВ
в минимальном режиме	10 – 10,5 кВ
в аварийном режиме	10 кВ

Боровиков стр.117,256,189.

Согласно ПУЭ после аварийных режимов допускается снижение напряжения на 5%.

9.3. Определение напряжения на шинах низкой стороны подстанций, приведенных к стороне высокого напряжения трансформатора.

$P_{рас.мах}$; $Q_{рас.мах}$ взять из таблицы 3 (6-ая строка).

$$U'_{1нн.мах} = U_{1мах} - \frac{P_{рас.мах \text{ н/см1}} \cdot \frac{R_{мп1}}{2} + Q_{рас.мах \text{ н/см1}} \cdot \frac{X_{мп1}}{2}}{U_{1мах} \cdot 10^3}$$

$$U'_{2нн.мах} = U_{2мах} - \frac{P_{рас.мах \text{ н/см2}} \cdot \frac{R_{мп2}}{2} + Q_{рас.мах \text{ н/см2}} \cdot \frac{X_{мп2}}{2}}{U_{2мах} \cdot 10^3}$$

$$\Delta Q_{B-2} = 3 \cdot I_{B-2}^2 \cdot X_{B-2} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{2-1} = 3 \cdot I_{2-1}^2 \cdot R_{2-1} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{2-1} = 3 \cdot I_{2-1}^2 \cdot X_{2-1} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

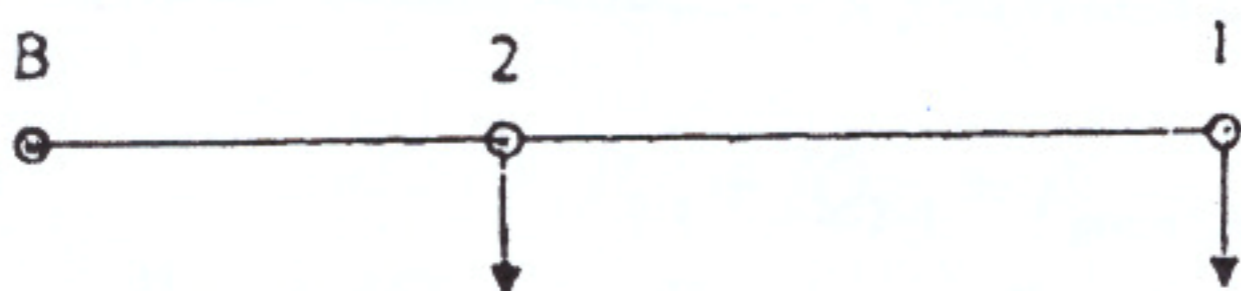
8.5. Определение зарядной мощности по участкам сети.

Взять из пункта 6.11.

8.6. Составление таблицы баланса мощностей по участкам сети для аварийного режима.

№	Мощность и потери мощности	Участок B-2		Участок 1-2	
		P кВт	Q кВар	P кВт	Q кВар
i	Мощность конца звена	P_{B-2}	$+j Q_{B-2}$	P_{2-1}	$+j Q_{2-1}$
2	Потери мощности в сопротивлениях линии	ΔP_{B-2}	$+j \Delta Q_{B-2}$	ΔP_{2-1}	$+j \Delta Q_{2-1}$
3	Мощность начала звена	1+2 строка			
4	Зарядная мощность линии	—	$-j Q_{B-2}$	—	$-j Q_{B-2-1}$
5	Мощность поступающая в линию	3 строка	3 строка	-4 строка	(+j-j)

8.7. Определение напряжений в точках сети.



$$U_B = 37 \text{ кВ}$$

$$U_2 = U_B - \frac{P_{B-2} \cdot R_{B-2} + Q_{B-2} \cdot X_{B-2}}{U_B \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

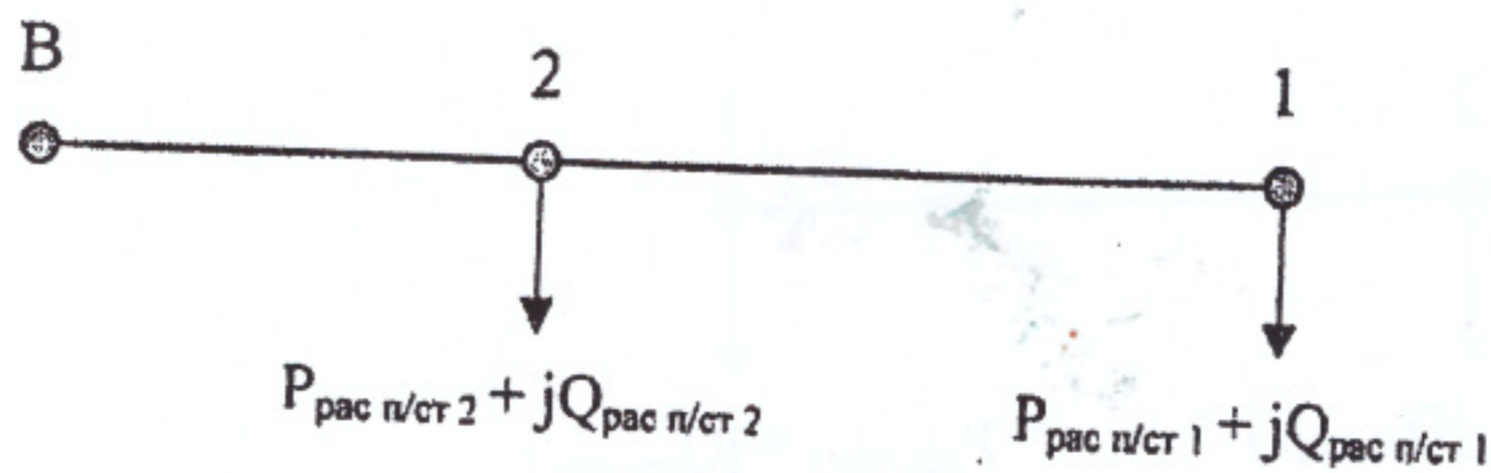
$$U_1 = U_2 - \frac{P_{2-1} \cdot R_{2-1} + Q_{2-1} \cdot X_{2-1}}{U_2 \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

8. Расчет замкнутой местной сети 35кВ в аварийном режиме.



Мощность источников взять из максимального режима. Рассматривается наиболее тяжелый аварийный режим – обрыв наиболее загруженного питающего участка сети в максимальном режиме работы потребителей. Например: обрыв провода на участке А-1.

8.1. Замкнутая сеть преобразуется в разомкнутую с одним источником питания.



Мощность нагрузок взять из таблицы 3 (6-ая строка).

8.2. Определение мощности участков сети.

$$P_{2-1} + jQ_{2-1} = P_{рас.n/cm1} + jQ_{рас.n/cm1} \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{B-2} + jQ_{B-2} = (P_{рас.n/cm1} + P_{рас.n/cm2}) + j(Q_{рас.n/cm1} + Q_{рас.n/cm2}) \quad [\text{кВА}]$$

8.3. Определение токов по участкам сети.

$$I_{B-2} = \frac{\sqrt{P_{B-2}^2 + Q_{B-2}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.с}} \quad [\text{А}]; \quad I_{2-1} = \frac{\sqrt{P_{2-1}^2 + Q_{2-1}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.с}} \quad [\text{А}]$$

8.4. Определение потери мощности по участкам сети.

$$\Delta P_{B-2} = 3 \cdot I_{B-2}^2 \cdot R_{B-2} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

7.7. Составление таблицы баланса мощностей по участкам сети для минимального режима.

Таблица 10

№	Мощность и потери мощности	A-1		1-2		2-B	
		P кВт	Q кВар	P кВт	Q кВар	P кВт	Q кВар
1	Мощность конца звена	$P_{уч}$	$+j Q_{уч}$				
2	Потери мощности в сопротивлении линии	$\Delta P_{уч}$	$+j \Delta Q_{уч}$				
3	Мощность начала звена	1+2 строка					
4	Зарядная мощность	-	$-j Q_{в.уч}$				
5	Мощность поступающая в линию	3-4 строка					

7.8. Определение напряжений в точках сети.



$$U_A = U_B = 35 \text{ кВ}$$

$$U_1 = U_A - \frac{P_{A-1} \cdot \frac{R_{A-1}}{1} + Q_{A-1} \cdot \frac{X_{A-1}}{1}}{U_A \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

$$U_2' = U_1 - \frac{P_{1-2} \cdot \frac{R_{1-2}}{1} + Q_{1-2} \cdot \frac{X_{1-2}}{1}}{U_A \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

$$U_2'' = U_B - \frac{P_{B-2} \cdot \frac{R_{B-2}}{1} + Q_{B-2} \cdot \frac{X_{B-2}}{1}}{U_A \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

$$U_2 = \frac{U_2' + U_2''}{2} \text{ [кВ]}$$

7.4. Определение токов по участкам сети.

$$I_{A-1} = \frac{\sqrt{P_{A-1}^2 + Q_{A-1}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{A}]$$

$$I_{1-2} = \frac{\sqrt{P_{1-2}^2 + Q_{1-2}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{A}]$$

$$I_{B-2} = \frac{\sqrt{P_{B-2}^2 + Q_{B-2}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{A}]$$

$$U_{\text{ном.с}} = 35 \text{ кВ}$$

7.5. Определение потерь мощности по участкам сети.

$$\Delta P_{A-1} = 3 \cdot I_{A-1}^2 \cdot R_{A-1} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{A-1} = 3 \cdot I_{A-1}^2 \cdot X_{A-1} \quad [\text{Вар}] \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{1-2} = 3 \cdot I_{1-2}^2 \cdot R_{1-2} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{1-2} = 3 \cdot I_{1-2}^2 \cdot X_{1-2} \quad [\text{Вар}] \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{2-B} = 3 \cdot I_{2-B}^2 \cdot R_{2-B} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{2-B} = 3 \cdot I_{2-B}^2 \cdot X_{2-B} \quad [\text{Вар}] \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

7.6. Определение зарядной мощности по участкам сети.

Взять из пункта 6.11.

7.1. Определение мощности источников.

$$P_A = \frac{P_{рас\ n/cm1} \cdot \ell_{1-B} + P_{рас\ n/cm2} \cdot \ell_{2-B}}{\ell_{A-B}} \quad [\text{кВт}]$$

$$Q_A = \frac{Q_{рас\ n/cm1} \cdot \ell_{1-B} + Q_{рас\ n/cm2} \cdot \ell_{2-B}}{\ell_{A-B}} \quad [\text{кВАр}]$$

$$P_B = \frac{P_{рас\ n/cm2} \cdot \ell_{2-A} + P_{рас\ n/cm1} \cdot \ell_{1-A}}{\ell_{A-B}} \quad [\text{кВт}]$$

$$Q_B = \frac{Q_{рас\ n/cm2} \cdot \ell_{2-A} + Q_{рас\ n/cm1} \cdot \ell_{1-A}}{\ell_{A-B}} \quad [\text{кВАр}]$$

7.2. Определение мощности участков сети.

$$P_{A-1} + jQ_{A-1} = P_A + jQ_A \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{B-2} + jQ_{B-2} = P_B + jQ_B \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{1-2} + jQ_{1-2} = (P_A - P_{рас.\ n/cm1}) + j(Q_A - Q_{рас.\ n/cm1}) \quad [\text{кВА}],$$

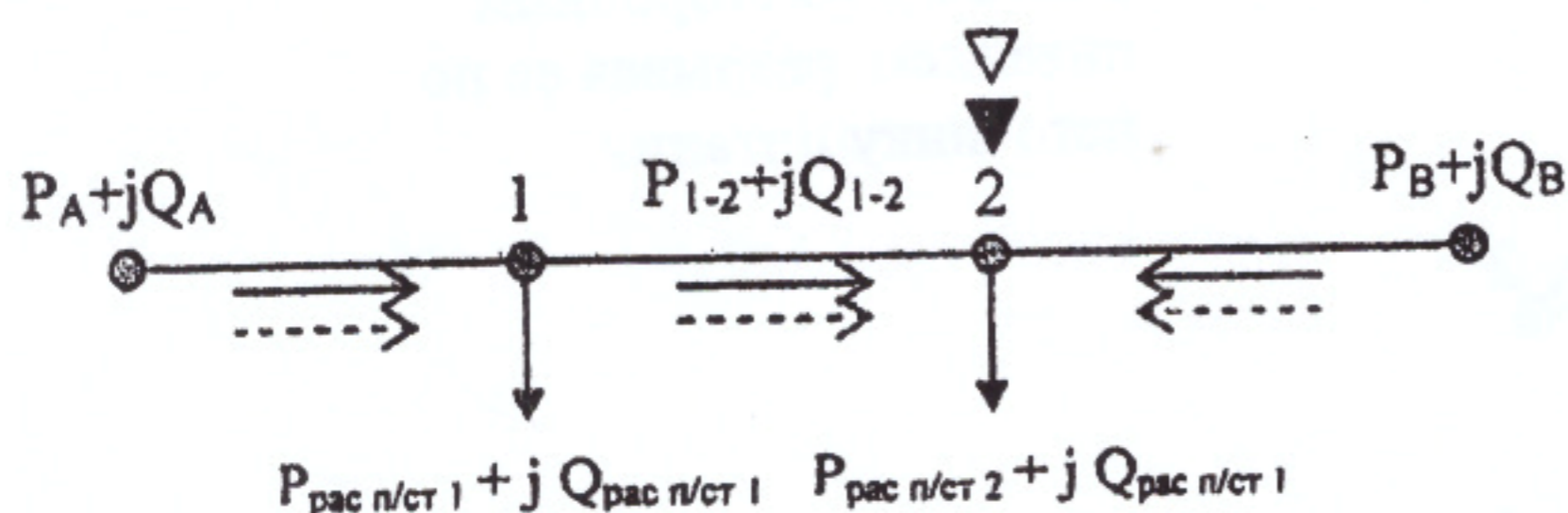
если мощность этого участка получается отрицательной, то

$$P_{1-2} + jQ_{1-2} = (P_B - P_{рас.\ n/cm2}) + j(Q_B - Q_{рас.\ n/cm2}) \quad [\text{кВА}]$$

7.3. Определение точки токораздела (т.т.).

▽ - т.т. по активной мощности.

▼ - т.т. по реактивной мощности.



Например: т.т. в точке 2, значит
 $P_{рас.\ n/cm2} = P_{1-2} + P_B$; $Q_{рас.\ n/cm2} = Q_{1-2} + Q_B$.

Определение т.т. является самопроверкой. Мощности участков и мощности нагрузок нанести на схему. Точка токораздела находится в точке 2 т.к. к ней питание подходит с двух сторон.

Точки токораздела по активной и реактивной мощности совпадают.

6.14. Определение напряжений в точках сети.



$$U_A = U_B = 37 \text{ кВ}$$

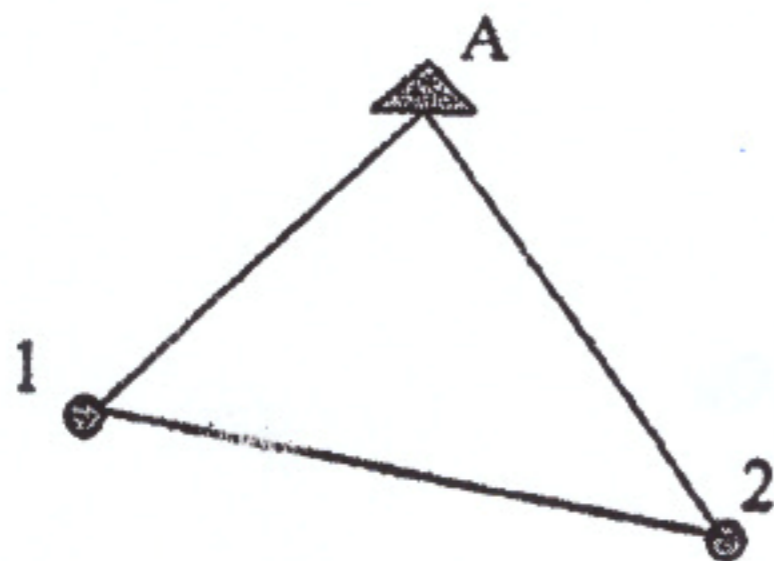
$$U_1 = U_A - \frac{P_{A-1} \cdot \frac{R_{A-1}}{1} + Q_{A-1} \cdot \frac{X_{A-1}}{1}}{U_A \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

$$U_2' = U_1 - \frac{P_{1-2} \cdot \frac{R_{1-2}}{1} + Q_{1-2} \cdot \frac{X_{1-2}}{1}}{U_A \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

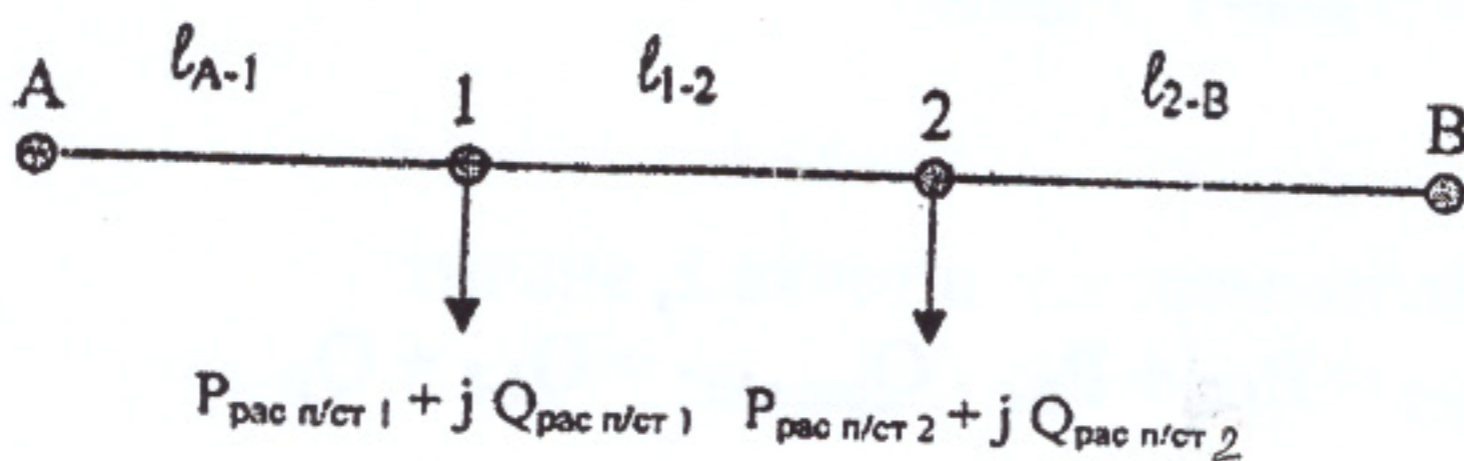
$$U_2'' = U_B - \frac{P_{B-2} \cdot \frac{R_{B-2}}{1} + Q_{B-2} \cdot \frac{X_{B-2}}{1}}{U_A \cdot 10^3} \text{ [кВ]}$$

$$U_2 = \frac{U_2' + U_2''}{2} \text{ [кВ]}$$

7. Расчёт замкнутой местной сети 35 кВ в минимальном режиме.



Кольцевую сеть преобразуем в сеть с двухсторонним питанием, разрывая ее по источнику питания.



Мощность потребителей взять из таблицы 4 (6-ая строка)

6.11. Определение зарядной мощности по участкам сети.

В электрических сетях напряжением 35 кВ зарядная мощность считается для участков протяженностью более 20 км.

$$Q_{B,уч.} = U_{ном.с}^2 \cdot \epsilon_{0,уч.} \cdot \ell_{уч.} \cdot 10^{-6} \text{ [МВар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

ϵ_0 – емкостная проводимость

[Боровиков стр. 364]

ℓ – длина участка, в км

6.12. Составление схем замещения воздушных линий

6.13. Составление таблицы баланса мощностей по участкам сети для максимального режима.

Таблица 10

№	Мощность и потери мощности	А-1		1-2		2-В	
		Р кВт	Q кВар	Р кВт	Q кВар	Р кВт	Q кВар
1	Мощность конца звена	$P_{уч}$	$+j Q_{уч}$				
2	Потери мощности в сопротивлении линии	$\Delta P_{уч}$	$+j \Delta Q_{уч}$				
3	Мощность начала звена	1+2	строка				
4	Зарядная мощность	-	$-j Q_{в.уч}$				
5	Мощность поступающая в линию	3-4	строка				

6.14. Определение коэффициента мощности.

$$\cos \varphi_{A-1} = \frac{P_{A-1}}{\sqrt{P_{A-1}^2 + Q_{A-1}^2}}$$

$$\cos \varphi_{B-2} = \frac{P_{B-2}}{\sqrt{P_{B-2}^2 + Q_{B-2}^2}}$$

Мощность взять из таблицы 10; (5-ая строка)

6.8. Проверка провода на корону.

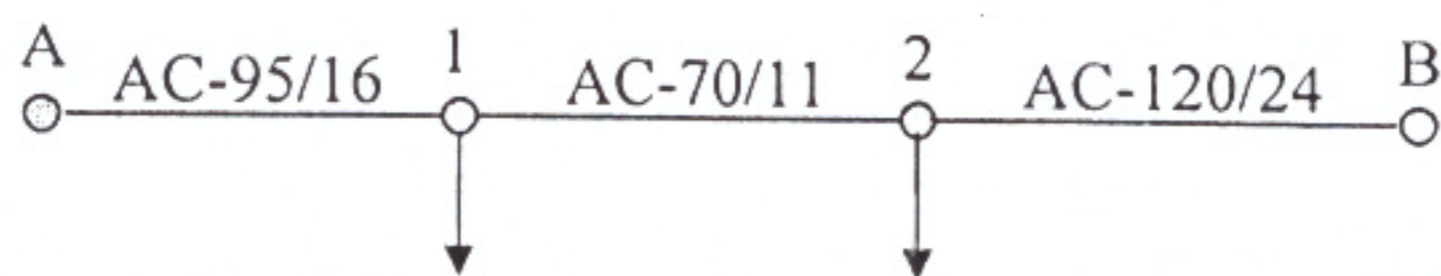
$$P_{доп.А-1} \geq P_{А-1}; \quad P_{доп.В-2} \geq P_{В-2};$$

Если $P_A > P_B$, то $P_{доп.1-2} > P_{1-2} + P_A$; Если $P_B > P_A$, то $P_{доп.1-2} > P_{1-2} + P_B$;

Если неравенство не выполняется, принимается провод большего сечения и проверка повторяется.

Так как выбранные провода удовлетворяют условиям нагрева и короны, окончательно принимаются провода.

Например:



6.9. Определение параметров участков сети.

Параметры участков сети.

Таблица 9

№	Участок сети	Длина участка, км	Марка и сечение провода	r_0 Ом/км	x_0 Ом/км	R Ом	X Ом
1	А-1						
2	1-2						
3	В-2						

[Боровиков стр. 362, 363, 40]

$$R = r_0 \cdot \ell$$

$$X = x_0 \cdot \ell$$

где ℓ – длина участка в км

6.10. Определение потерь мощности по участкам сети.

$$\Delta P_{А-1} = 3 \cdot I_{А-1}^2 \cdot R_{А-1} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{А-1} = 3 \cdot I_{А-1}^2 \cdot X_{А-1} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{1-2} = 3 \cdot I_{1-2}^2 \cdot R_{1-2} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{1-2} = 3 \cdot I_{1-2}^2 \cdot X_{1-2} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{2-B} = 3 \cdot I_{2-B}^2 \cdot R_{2-B} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{2-B} = 3 \cdot I_{2-B}^2 \cdot X_{2-B} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$I_{1-2} = \frac{\sqrt{P_{1-2}^2 + Q_{1-2}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{A}]$$

$$I_{B-2} = \frac{\sqrt{P_{B-2}^2 + Q_{B-2}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{A}]$$

$$U_{\text{ном.с}} = 35 \text{ кВ}$$

6.5. Определение сечения проводов по участкам сети.

$$F_{A-1} = \frac{I_{A-1}}{j_э} \quad [\text{мм}^2]; \quad F_{1-2} = \frac{I_{1-2}}{j_э} \quad [\text{мм}^2]; \quad F_{B-2} = \frac{I_{B-2}}{j_э} \quad [\text{мм}^2];$$

$j_э$ – экономическая плотность тока.

[Боровиков стр.91]

6.6. Расчётное сечение округляется до стандартного, принимается марка провода.

На участке А-1 провод:

На участке 1-2 провод:

На участке В-2 провод:

[Боровиков стр. 362]

6.7. Проверка провода на допустимый нагрев.

Обрыв участка А-1

$$I_{\text{доп.В-2}} \geq I_{B-2} + I_{A-1}; \quad I_{\text{доп.1-2}} \geq I_{1-2} + I_{A-1};$$

Обрыв участка В-2

$$I_{\text{доп.А-1}} \geq I_{A-1} + I_{B-2}; \quad I_{\text{доп.1-2}} \geq I_{1-2} + I_{B-2};$$

[Боровиков стр.370]

Провода по условиям нагрева проходят.

Если неравенство не выполняется, то принимается провод большего сечения и вновь проверяется.

$$P_B = \frac{P_{рас\ n/cm2} \cdot \ell_{2-A} + P_{рас\ n/cm1} \cdot \ell_{1-A}}{\ell_{A-B}} \quad [\text{кВт}]$$

$$Q_B = \frac{Q_{рас\ n/cm2} \cdot \ell_{2-A} + Q_{рас\ n/cm1} \cdot \ell_{1-A}}{\ell_{A-B}} \quad [\text{кВар}]$$

6.2. Определение мощности участков сети.

$$P_{A-1} + jQ_{A-1} = P_A + jQ_A \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{B-2} + jQ_{B-2} = P_B + jQ_B \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{1-2} + jQ_{1-2} = (P_A - P_{рас.\ n/cm1}) + j(Q_A - Q_{рас.\ n/cm1}) \quad [\text{кВА}],$$

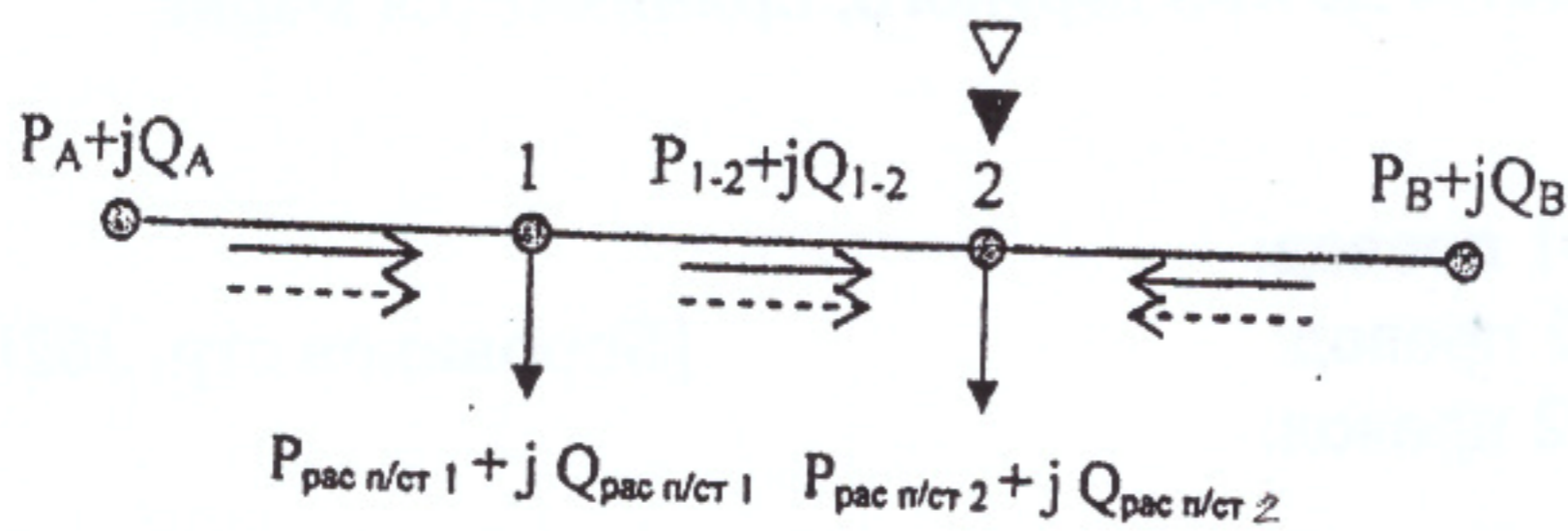
если мощность этого участка получается отрицательной, то

$$P_{1-2} + jQ_{1-2} = (P_B - P_{рас.\ n/cm2}) + j(Q_B - Q_{рас.\ n/cm2}) \quad [\text{кВА}]$$

6.3. Определение точки токораздела (т.т.).

▽ - т.т. по активной мощности.

▼ - т.т. по реактивной мощности.



Например: т.т. в точке 2, значит

$$P_{рас.\ п/ст 2} = P_{1-2} + P_B; \quad Q_{рас.\ п/ст 2} = Q_{1-2} + Q_B.$$

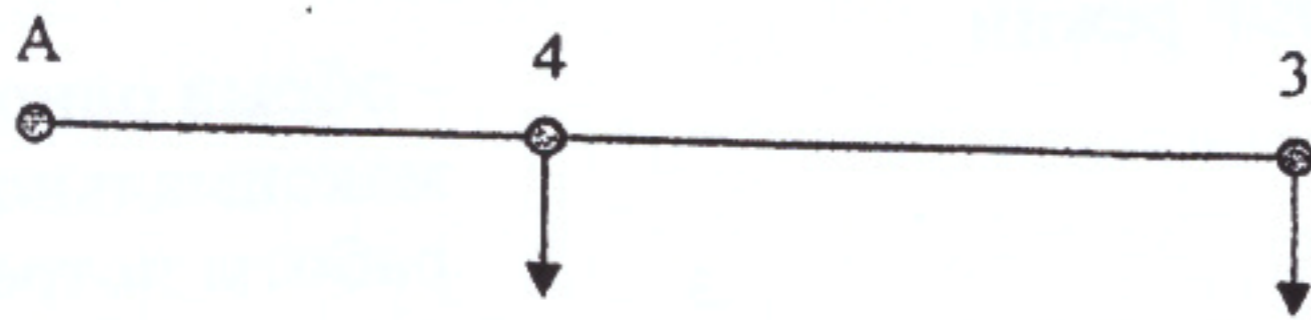
Определение т.т. является самопроверкой. Мощности участков и мощности нагрузок нанести на схему. Точка токораздела находится в точке 2 т.к. к ней питание подходит с двух сторон.

Точки токораздела по активной и реактивной мощности совпадают.

6.4. Определение токов по участкам сети.

$$I_{A-1} = \frac{\sqrt{P_{A-1}^2 + Q_{A-1}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.с}} \quad [\text{А}]$$

5.3 Определение напряжений в точках сети.

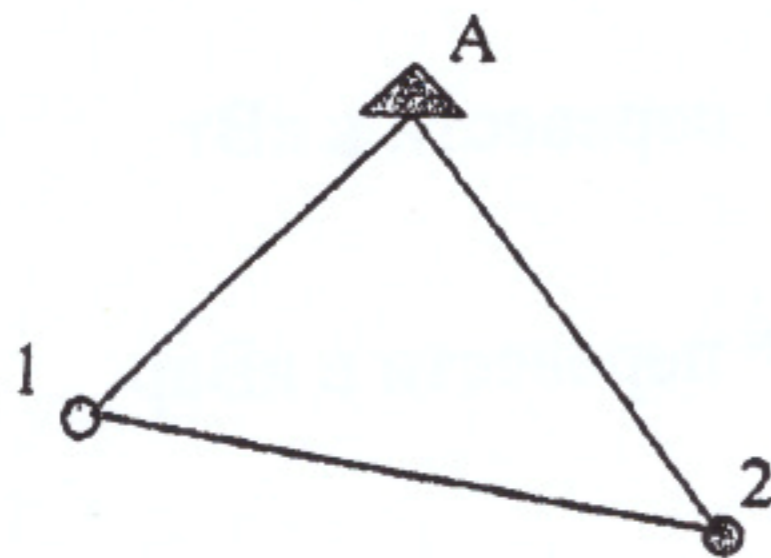


U_A взять аналогично максимальному режиму

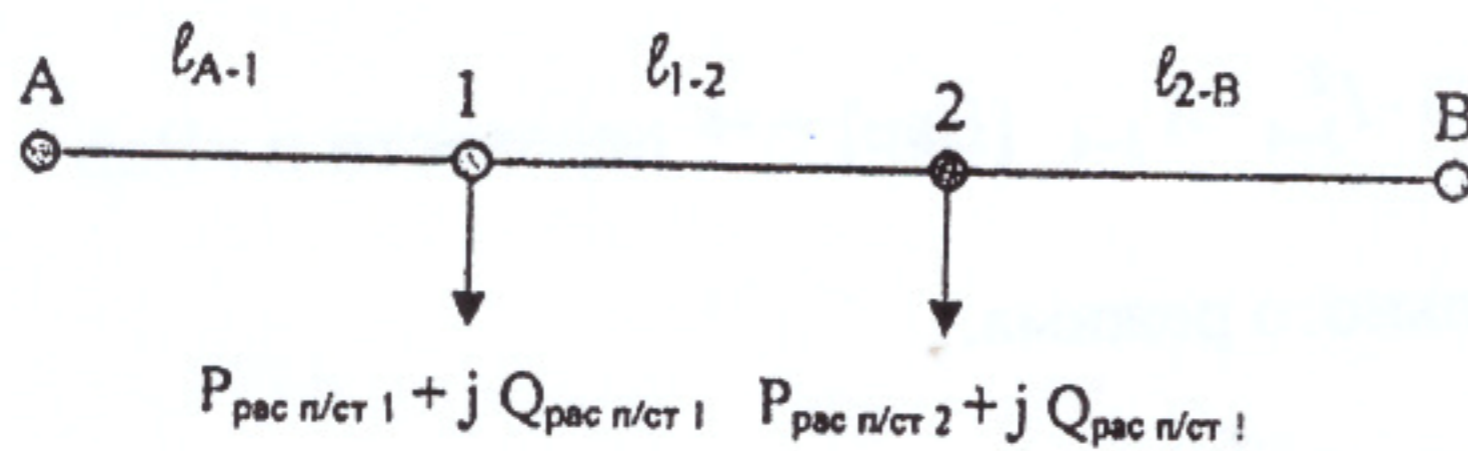
$$U_4 = U_A - \frac{P_{A-4} \cdot R_{A-4} + Q_{A-4} \cdot X_{A-4}}{U_A \cdot 10^3} \quad [\text{кВ}]$$

$$U_3 = U_4 - \frac{P_{3-4} \cdot R_{3-4} + Q_{3-4} \cdot X_{3-4}}{U_4 \cdot 10^3} \quad [\text{кВ}]$$

6. Расчет замкнутой местной сети 35 кВ в максимальном режиме.



Кольцевую сеть преобразуем в сеть с двухсторонним питанием, разрывая ее по источнику питания.



Мощность потребителей взять из таблицы 3 (6-ая строка)

6.1. Определение мощности источников.

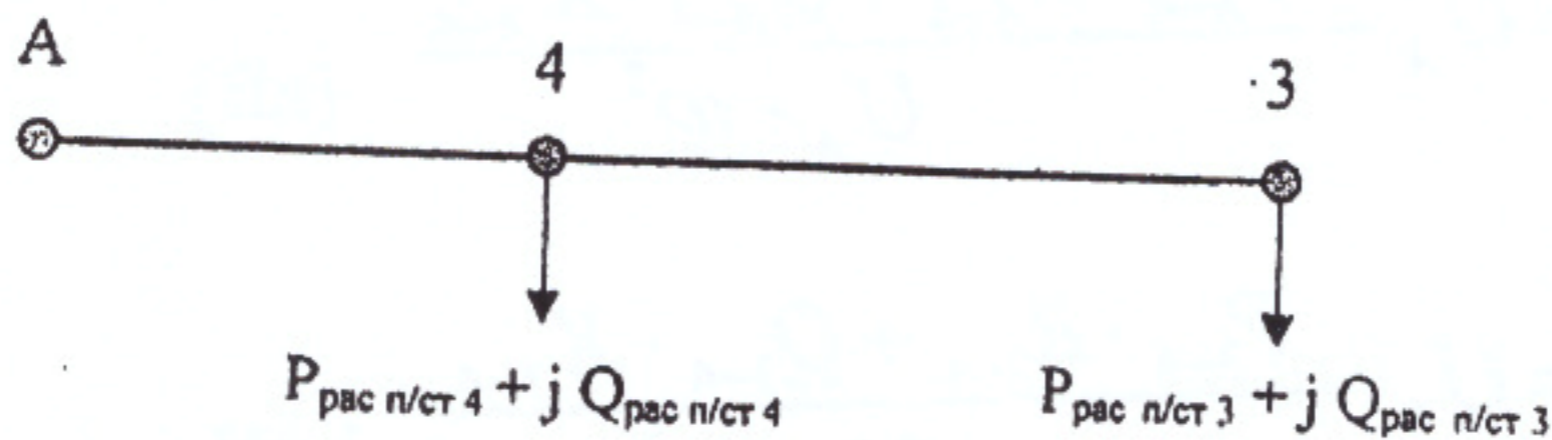
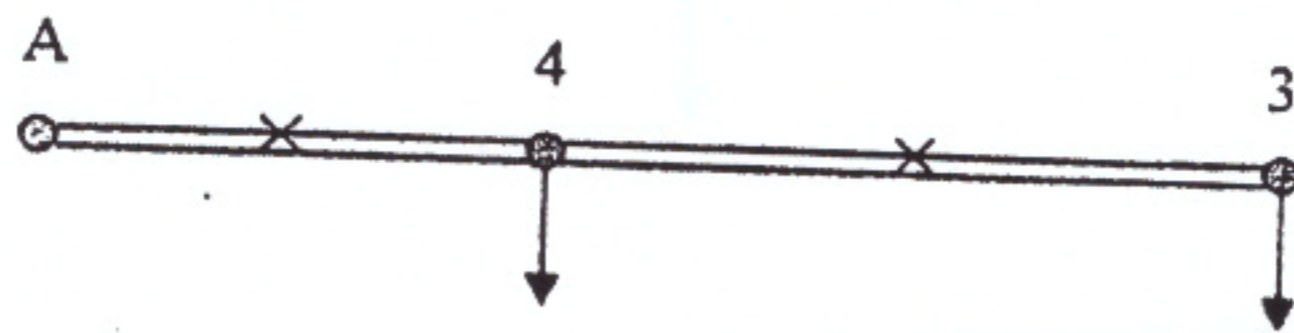
$$P_A = \frac{P_{рас п/ст 1} \cdot l_{1-B} + P_{рас п/ст 2} \cdot l_{2-B}}{l_{A-B}} \quad [\text{кВт}]$$

$$Q_A = \frac{Q_{рас п/ст 1} \cdot l_{1-B} + Q_{рас п/ст 2} \cdot l_{2-B}}{l_{A-B}} \quad [\text{кВАр}]$$

5 Расчет разомкнутой сети 110 кВ в аварийном режиме.

Рассматривается аварийный режим

- обрыв одной цепи в максимальном режиме работы потребителей



Мощность взять из максимального режима.

5.1. Определение потери мощности по участкам сети.

$$\Delta P_{A-4} = 3 \cdot I_{A-4}^2 \cdot R_{A-4} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{A-4} = 3 \cdot I_{A-4}^2 \cdot X_{A-4} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{3-4} = 3 \cdot I_{3-4}^2 \cdot R_{3-4} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{3-4} = 3 \cdot I_{3-4}^2 \cdot X_{3-4} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

Токи взять из максимального режима.

5.2. Составление таблицы баланса мощностей по участкам сети в аварийном режиме.

№	Мощность и потери мощности	Участок		А-4		3-4	
		Р кВт	Q кВар				
1	Аналогично максимальному режиму. Потери мощности в сопротивлениях взять из пункта 5.1.						
2							
3							
4							
5							

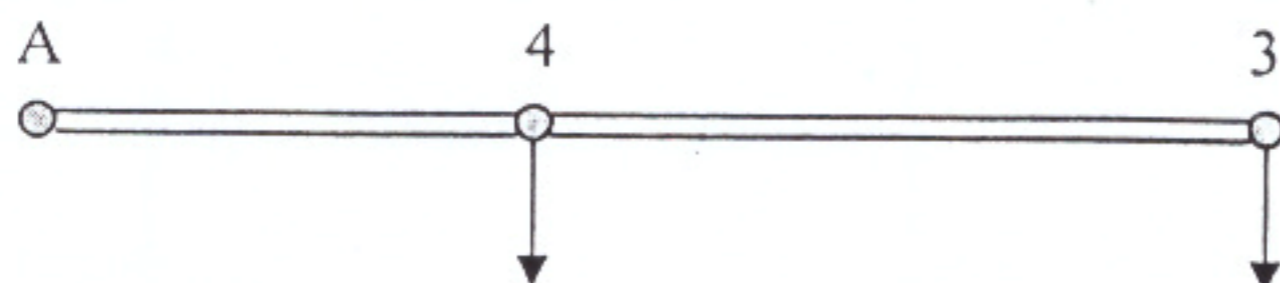
4.4. Составление таблицы баланса мощностей по участкам сети в минимальном режиме.

Таблица 7

№	Мощность и потери мощности	Участок		А-4		3-4	
		Р кВт	Q кВар				
1	Аналогично максимальному режиму.						
2	Зарядная мощность линий из максимального режима						
3							
4							
5							

Мощность участков взять из пункта 4.1.; потери мощности в сопротивлениях из пункта 4.3.

4.5 Определение напряжений в точках сети.

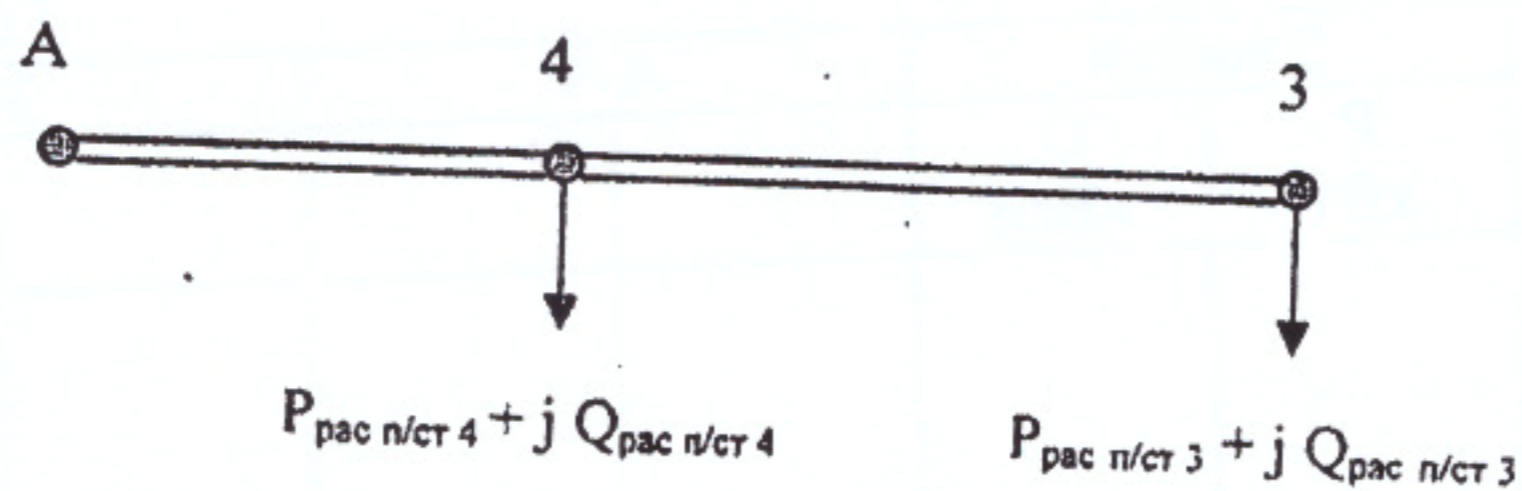


U_A взять из таблицы 1 с высокой стороны.

$$U_4 = U_A - \frac{P_{A-4} \cdot \frac{R_{A-4}}{2} + Q_{A-4} \cdot \frac{X_{A-4}}{2}}{U_A \cdot 10^3} \quad [\text{кВ}]$$

$$U_3 = U_4 - \frac{P_{3-4} \cdot \frac{R_{3-4}}{2} + Q_{3-4} \cdot \frac{X_{3-4}}{2}}{U_4 \cdot 10^3} \quad [\text{кВ}]$$

4. Расчет разомкнутой районной сети 110 кВ в минимальном режиме.



Мощность взята из таблицы баланса для минимального режима (6-я строка) таблица 4.

4.1. Определение мощности по участкам сети.

$$P_{4-3} + jQ_{4-3} = P_{\text{рас.п/ст}3} + jQ_{\text{рас.п/ст}3} \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{A-4} + jQ_{A-4} = (P_{4-3} + P_{\text{рас.п/ст}4}) + j(Q_{4-3} + Q_{\text{рас.п/ст}4}) \quad [\text{кВА}]$$

4.2. Определение токов по участкам сети.

$$I_{A-4} = \frac{\sqrt{P_{A-4}^2 + Q_{A-4}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{А}]; \quad I_{3-4} = \frac{\sqrt{P_{3-4}^2 + Q_{3-4}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.с}}} \quad [\text{А}]$$

4.3. Определение потери мощности по участкам сети.

$$\Delta P_{\text{min.}A-4} = 3 \cdot I_{A-4}^2 \cdot \frac{R_{A-4}}{2} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{min.}A-4} = 3 \cdot I_{A-4}^2 \cdot \frac{X_{A-4}}{2} \quad [\text{Вар}] \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta P_{\text{min.}3-4} = 3 \cdot I_{3-4}^2 \cdot \frac{R_{3-4}}{2} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{min.}3-4} = 3 \cdot I_{3-4}^2 \cdot \frac{X_{3-4}}{2} \quad [\text{Вар}] \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

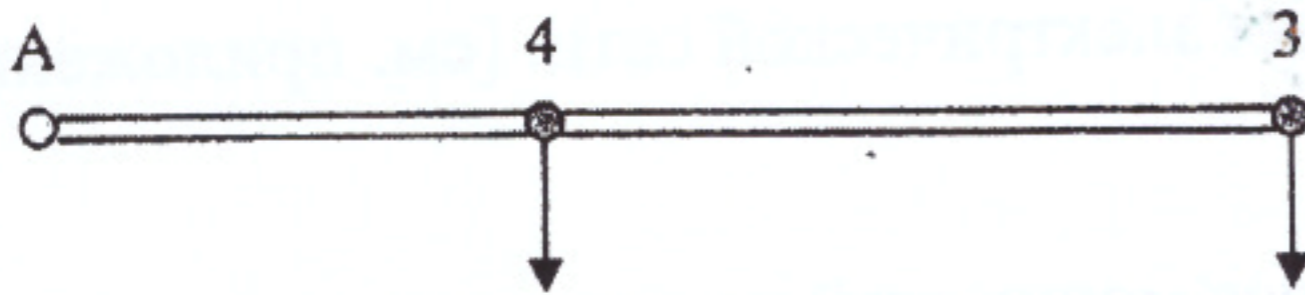
3.13. Определение коэффициента мощности.

$$\cos \varphi_{A-4} = \frac{P_{A-4}}{\sqrt{P_{A-4}^2 + Q_{A-4}^2}}$$

$$\cos \varphi_{3-4} = \frac{P_{3-4}}{\sqrt{P_{3-4}^2 + Q_{3-4}^2}}$$

Мощность взять из таблицы 6; (5-ая строка).

3.14. Определение напряжений в точках сети.



U_A взять из таблицы выбора трансформаторов с высокой стороны + 2 кВ

$$U_4 = U_A - \frac{P_{A-4} \cdot \frac{R_{A-4}}{2} + Q_{A-4} \cdot \frac{X_{A-4}}{2}}{U_A \cdot 10^3} \quad [\text{кВ}]$$

$$U_3 = U_4 - \frac{P_{3-4} \cdot \frac{R_{3-4}}{2} + Q_{3-4} \cdot \frac{X_{3-4}}{2}}{U_4 \cdot 10^3} \quad [\text{кВ}]$$

Мощность взять из таблицы 6; (5-ая строка).

$$\Delta P_{\max.3-4} = 3 \cdot I_{3-4}^2 \cdot \frac{R_{3-4}}{2} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{\max.3-4} = 3 \cdot I_{3-4}^2 \cdot \frac{X_{3-4}}{2} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

3.10. Определение зарядной мощности по участкам сети.

Зарядная мощность определяется на линиях 110 кВ и выше любой протяжённости, а также для линий 35 кВ протяжённостью 20 км и более.

$$Q_{B.A-4} = U_{\text{ном.с}}^2 \cdot \epsilon_{0A-4} \cdot \ell_{A-4} \cdot 10^{-6}$$

[МВар] → перевести в кВар

$$Q_{B.3-4} = U_{\text{ном.с}}^2 \cdot \epsilon_{03-4} \cdot \ell_{3-4} \cdot 10^{-6}$$

ϵ_0 → Боровиков стр. 364

3.11. Составление схем замещения воздушных линий [см. приложение]

3.12. Составление таблицы баланса мощностей по участкам сети в максимальном режиме.

Таблица 6

№	Мощность и потери мощности	Участок		А-4		4-3	
		Р кВт	Q кВар	Р кВт	Q кВар	Р кВт	Q кВар
1	Мощность конца звена	$P_{\text{уч}}$	$+j Q_{\text{уч}}$				
2	Потери мощности в сопротивлении линии	$\Delta P_{\text{уч}}$	$+j \Delta Q_{\text{уч}}$				
3	Мощность начала звена	1+2	строка				
4	Зарядная мощность	-	$-j Q_{\text{в.уч}}$				
5	Мощность поступающая в линию	3-4	строка				

Мощность участков взять из пункта 3.1.

3.6. Проверка проводов на корону.

$$F_{\text{провода}} > F_{\text{минимальное по короне}} \quad [\text{Крючков И.П. с.12}]$$

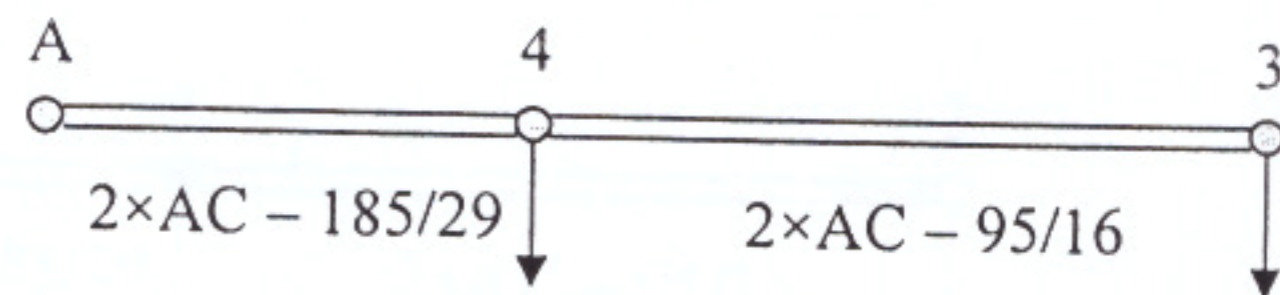
$$P_{\text{доп. A-4}} \geq P_{A-4}; \quad P_{\text{доп. 3-4}} \geq P_{3-4};$$

$P_{\text{доп.}}$ – Взять из справочника Крючкова стр. 15

Если неравенство не выполняется, принимается провод большего сечения и проверка повторяется.

3.7. Так как выбранные провода удовлетворяют условиям нагрева и короны, окончательно принимаем провода.

Например:



3.8. Определение параметров по участкам сети.

Параметры сети

Таблица 5

№	Участок сети	Длина участка	Марка и сечение провода	r_0 Ом/км	x_0 Ом/км	R Ом	X Ом
1	A-4						
2	4-3						

Боровиков стр. 362, 363, 40

$$R = r_0 \cdot \ell$$

$$X = x_0 \cdot \ell$$

где ℓ – длина участка в км

3.9. Определение потери мощности по участкам сети.

$$\Delta P_{\text{max. A-4}} = 3 \cdot I_{A-4}^2 \cdot \frac{R_{A-4}}{2} \quad [\text{Вт}] \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

$$\Delta Q_{\text{max. A-4}} = 3 \cdot I_{A-4}^2 \cdot \frac{X_{A-4}}{2} \quad [\text{Вар}] \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

3.1. Определение мощности по участкам сети.

$$P_{4-3} + jQ_{4-3} = P_{рас.н/см3} + jQ_{рас.н/см3} \quad [\text{кВА}]$$

$$P_{A-4} + jQ_{A-4} = (P_{рас.н/см3} + P_{рас.н/см4}) + j(Q_{рас.н/см3} + Q_{рас.н/см4}) \quad [\text{кВА}]$$

3.2. Определение токов по участкам сети.

$$I_{A-4} = \frac{\sqrt{P_{A-4}^2 + Q_{A-4}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.с}} \quad [\text{А}]; \quad I_{3-4} = \frac{\sqrt{P_{3-4}^2 + Q_{3-4}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.с}} \quad [\text{А}]$$

$$U_{ном.с} = 110 \text{ кВ}$$

3.3. Определение сечения проводов по участкам сети.

$$F_{A-4} = \frac{I_{A-4}}{n \cdot j_э} \quad [\text{мм}^2]; \quad F_{3-4} = \frac{I_{3-4}}{n \cdot j_э} \quad [\text{мм}^2]$$

где n – число цепей,
 $j_э$ – экономическая плотность тока.

[Боровиков стр. 91]

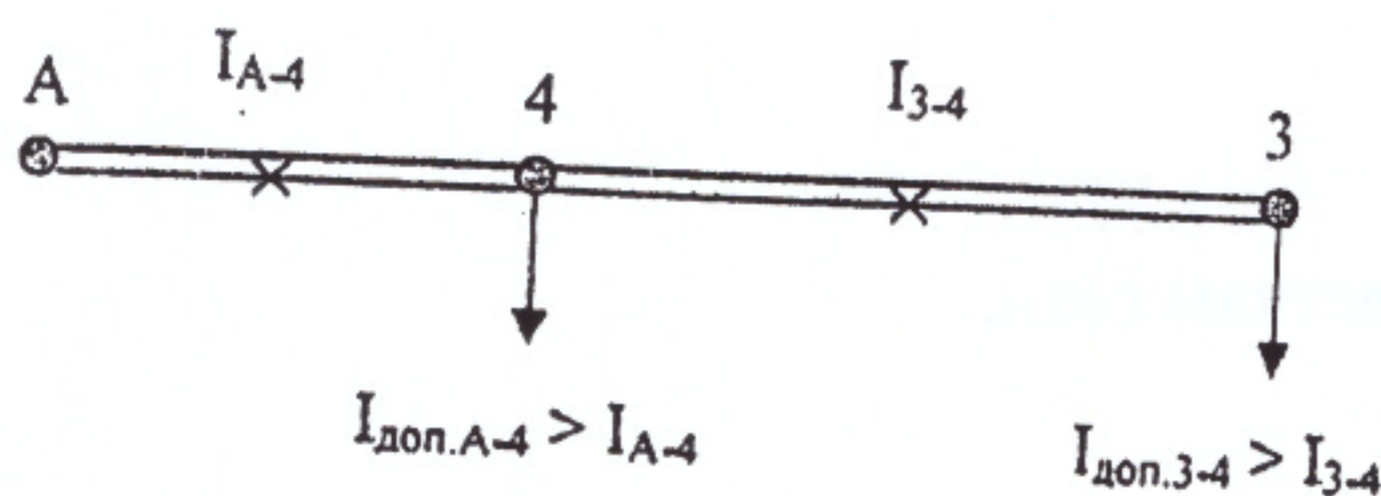
3.4. Расчётное сечение округляется до стандартного, принимается марка провода.

На участке А-4 провод:

[Боровиков стр. 362]

На участке 3-4 провод:

3.5. Проверка выбранных проводов на допустимый нагрев.



Рассматривается обрыв одной цепи.

$I_{доп}$ Взять из Боровикова стр. 370

2.12 Составление таблицы баланса мощностей для минимального режима

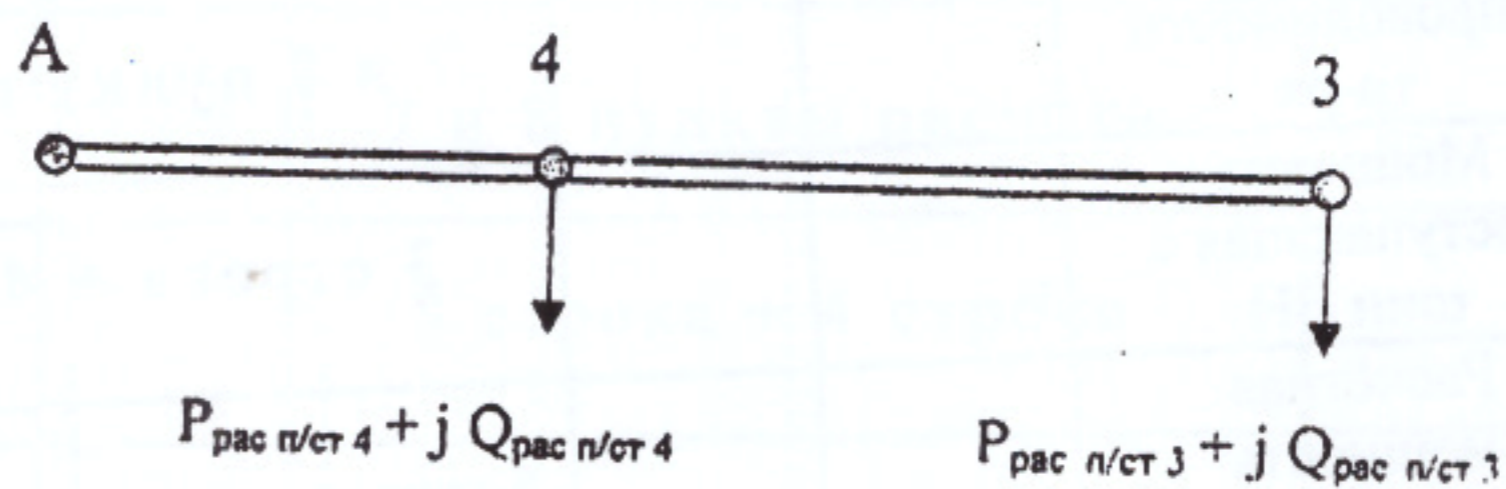
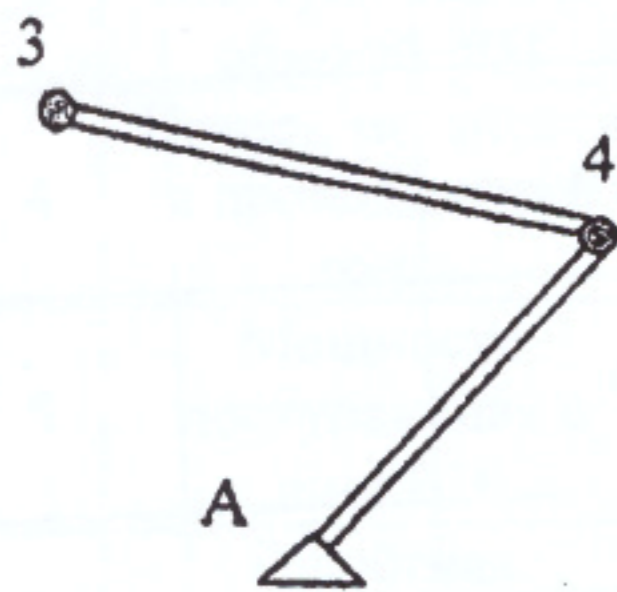
(Аналогично предыдущей таблице)

Таблица 4

№	Мощность и потери мощности	п/ст №1		п/ст №2		п/ст №3		п/ст №4	
		P_{\min} кВт	Q_{\min} кВар	P_{\min} кВт	Q_{\min} кВар	P_{\min} кВт	Q_{\min} кВар	P_{\min} кВт	Q_{\min} кВар
1	Нагрузка шин на НН подстанции				Задание				
2	Потери мощности в сопротивлении тр-ра			5 и 6 пункты расчёта					
3	Мощность поступающая в обмотку ВН			1 строка + 2 строка					
4	Потери мощности в проводимости тр-ра			7 и 8 пункты расчёта					
5	Мощность поступающая с шин ВН			3 строка + 4 строка					
6	Расчётная мощность подстанции			5 строка округляется до целого					

2.13 Составление вариантов схем электрической сети [см.приложение]

3. Расчёт разомкнутой районной сети 110 кВ в максимальном режиме



Мощность взять из таблицы баланса для максимального режима.
(шестая строка)

2.9 Параметры трансформаторов

Таблица 2

№	Тип и мощность трансформатора кВА	$R_{тр}$ Ом	$X_{тр}$ Ом	Максимальный режим		Минимальный режим		$\Delta P_{ст}$ кВт	ΔQ_{μ} кВар
				$\Delta P_{тр}$ кВт	$\Delta Q_{тр}$ кВар	$\Delta P_{тр}$ кВт	$\Delta Q_{тр}$ кВар		
1									
2									
3									
4									

2.10 Составление схем замещения трансформаторов [см.приложение]

2.11 Составление таблицы баланса мощностей для максимального режима

Таблица 3

№	Мощность и потери мощности	п/ст №1		п/ст №2		п/ст №3		п/ст №4	
		P_{max} кВт	Q_{max} кВар	P_{max} кВт	Q_{max} кВар	P_{max} кВт	Q_{max} кВар	P_{max} кВт	Q_{max} кВар
1	Нагрузка шин на НН подстанции				Задание				
2	Потери мощности в сопротивлении тр-ра			5 и 6 пункты расчёта					
3	Мощность поступающая в обмотку ВН			1 строка + 2 строка					
4	Потери мощности в проводимости тр-ра			7 и 8 пункты расчёта					
5	Мощность поступающая с шин ВН			3 строка + 4 строка					
6	Расчётная мощность подстанции			5 строка округляется до целого					

$$\Delta P_{тр.мин} = \frac{P_{мин}^2 + Q_{мин}^2}{U_{ВН.ном}^2} \cdot R_{тр} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

2.6 Определение потери мощности в индуктивном сопротивлении в максимальном и минимальном режимах.

$$\Delta Q_{тр.макс} = \frac{P_{макс}^2 + Q_{макс}^2}{U_{ВН.ном}^2} \cdot X_{тр} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

$$\Delta Q_{тр.мин} = \frac{P_{мин}^2 + Q_{мин}^2}{U_{ВН.ном}^2} \cdot X_{тр} \text{ [Вар]} \rightarrow \text{перевести в кВар}$$

2.7 Определение потери активной мощности в стали трансформатора.

$$\Delta P_{ст} = n \cdot P_{сх} \text{ [кВт]}$$

2.8 Определение реактивной намагниченной мощности.

$$\Delta Q_{\mu} = \frac{n \cdot I_0 \cdot S_{тр.ном}}{100} \text{ [кВар]} \quad S_{тр.ном} \rightarrow \text{кВА}$$

Выбор трансформаторов

Таблица 1

№	S _{max} кВА	Тип тр-ра его мощность, кВА	Кол. тр- ов	Напряжение			ΔP _{кх} кВт	ΔP _{кз} кВт	I ₀ %	U _{кз} %	K _{зав}
				ВН кВ	СН кВ	НН кВ					
1											
2											
3											
4											
А											

Боровиков стр. 375-381

2.3 Определение активного сопротивления обмоток трансформатора.

$$R_{тр} = \frac{\Delta P_{кз} \cdot U_{ВН.ном}^2}{n \cdot 1000 \cdot S_{тр.ном}^2} \text{ [Ом]}$$

$\Delta P_{кз} \rightarrow \text{кВт}$
 $U_{ВН.ном} \rightarrow \text{кВ}$
 $S_{тр.ном} \rightarrow \text{МВА}$

S_{тр.ном} – номинальная мощность трансформатора. взять из таблицы 1.

n – число трансформаторов на подстанции.

2.4 Определение индуктивного сопротивления обмоток трансформатора.

$$X_{тр} = \frac{U_{кз} \cdot U_{ВН.ном}^2}{n \cdot 100 \cdot S_{тр.ном}} \text{ [Ом]}$$

$U_{кз} \rightarrow \%$
 $U_{ВН.ном} \rightarrow \text{кВ}$
 $S_{тр.ном} \rightarrow \text{МВА}$

2.5 Определение потери мощности в активном сопротивлении в максимальном и минимальном режимах.

$$\Delta P_{тр.мах} = \frac{P_{мах}^2 + Q_{мах}^2}{U_{ВН.ном}^2} \cdot R_{тр} \text{ [Вт]} \rightarrow \text{перевести в кВт}$$

Челябинская область относится к IV - району по гололёду и II району по ветру. В район электроснабжения входят: химкомбинат, металлургический завод, мебельная фабрика и город. Химкомбинат, металлургический завод и город относятся к I - категории. Мебельная фабрика относится ко II - категории. Связь с энергосистемой осуществляет питающая подстанция двумя линиями 110 кВ. Подстанция №1 и №2 получают питание с шин 35 кВ питающей подстанции. Подстанции №3 и №4 получают питание из энергосистемы с шин 110 кВ питающей подстанции. Питающая подстанция проходная, подстанции №1, №2, №3, №4 (написать по схеме оптимального варианта).

2. Выбор трансформаторов на подстанциях.

2.1. Трансформаторы выбираются для подстанций № 1,2,3,4 по полной мощности для максимального режима.

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} \quad [\text{кВА}]$$

Боровиков стр. 376

Для подстанций № 1,2 выбирать трансформаторы с напряжением 35/10 кВ.
 Для подстанций № 3,4 выбирать трансформаторы с напряжением 110/10 кВ.
 Для надёжности на каждой подстанции выбирать два трансформатора.
 Загрузка обоих трансформаторов в максимальном режиме не должна превышать 70%, перегрузка в аварийном режиме (отключение одного из трансформаторов) не должна превышать 140%.
 Для питающей подстанции полная мощность определяется суммой полной мощности потребителей

$$S_A = S_{\max 1} + S_{\max 2}$$

2.2 Проверка загрузки трансформатора в аварийном режиме.

$$K_{за} = \frac{S_{\max}}{S_{тр} \cdot (n-1)} \leq 1,40$$

S_{\max} - нагрузка потребителя в максимальном режиме.

$S_{тр}$ - номинальная мощность трансформатора по справочным данным.

n - число трансформаторов на подстанции.

1. Введение. Характеристика сетевого района.

Челябинская область расположена в южной зоне Уральского хребта. На территории области находится горная, лесная, лесостепная и степная зоны. По территории области протекают реки: Урал, Миас, Уй, Ай и другие, а также имеется обширная сеть озёр и болот. Основой народнохозяйственного комплекса области является всесторонне развитая промышленность: машиностроение, приборостроение, химическая промышленность, чёрная и цветная металлургия, военно-промышленный комплекс.

Уральская энергосистема создана в 1930 году, 15 июля 1942 года она разделена на Пермскую, Свердловскую и Челябинскую с объединённым диспетчерским управлением ОДУ Урала в Екатеринбурге. Энергетика Челябинской области начинается с ноября 1927 года с закладки главного корпуса Челябинской ГРЭС. Первый агрегат ЧГРЭС был пущен в сентябре 1930 года. В этом же году была создана сеть узловых подстанций. С 1932 года начато строительство ЛЭП-110 кВ. В 1954 году начато строительство одной из крупнейших электростанций Урала Троицкой ГРЭС мощностью 2500 МВт. В 1961 году на Южно-Уральской ГРЭС введены в эксплуатацию два энергоблока мощностью 200 МВт. В 1974 году введён первый на Урале энергоблок 500 МВт на Троицкой ГРЭС. Подстанция 500 кВ, сооружена в Златоусте для электроснабжения горнозаводского района. По ЛЭП 500 кВ эта подстанция связана с Башкортостаном, по ЛЭП 500 кВ ТГРЭС связана с Кустанайэнерго. Подстанция 500 кВ г. Магнитогорска связывает Троицкую ГРЭС с Оренбургэнерго. Подстанция 500 кВ г. Челябинска связывает Челябинскэнерго со Свердловскэнерго и Курганэнерго. В 1996 году в г. Челябинске пущен первый энергоблок на ТЭЦ-3, проектная мощность, которой 630 МВт.

Показатели развития энергосистемы на 1997 год:

подстанций 500 кВ - 7

подстанций 220 кВ - 8

подстанций 110 кВ - 166

подстанций 35 кВ - 121

подстанций 6-10 кВ - 8829

Установленная мощность электростанций 3975 МВт.

Выработка электроэнергии 10,7 млрд. кВт-ч.

Протяжённость линий электропередачи:

напряжением 35-220 кВ 12045 км

напряжением 0,4-10 кВ 30660 км

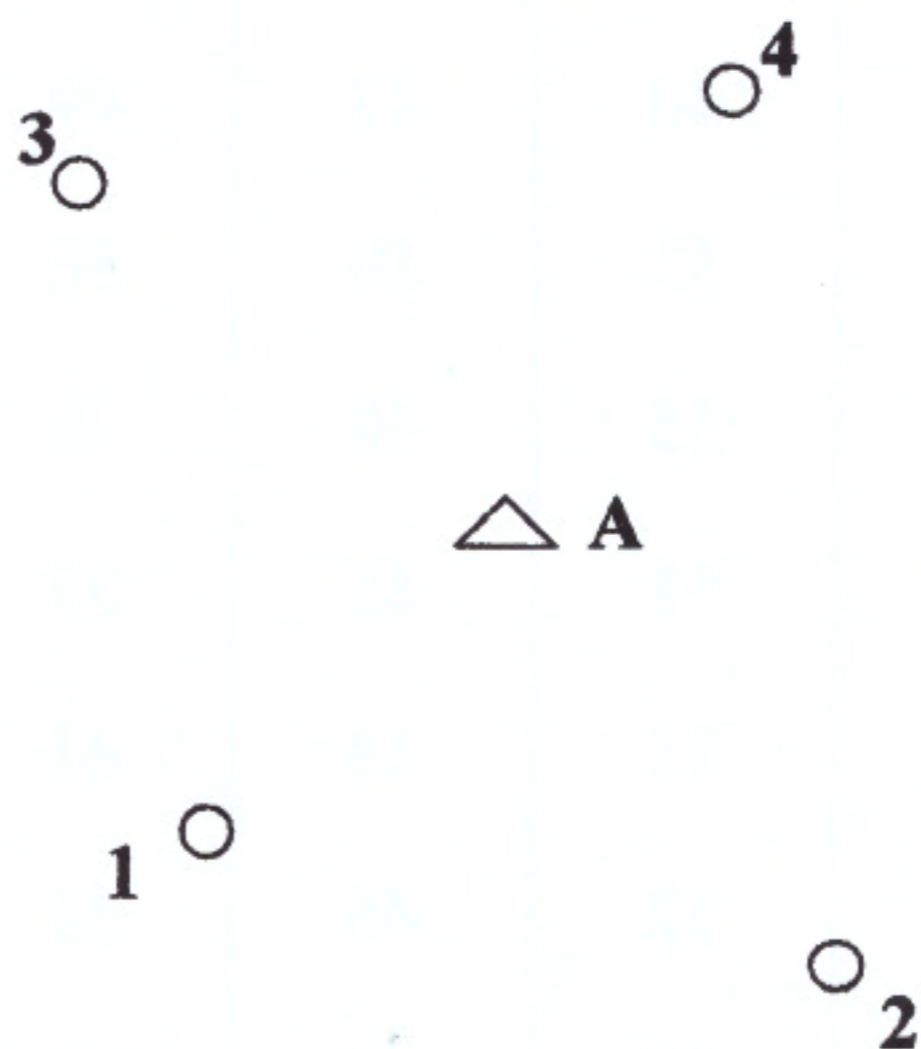
№ п.п.	Предприятие	Категория	Максимальный режим		Минимальный режим	
			P_{\max} кВт	Q_{\max} кВар	P_{\min} кВт	Q_{\min} кВар
1	Химкомбинат	1	15200	7600	11300	5500
2	Завод ЖБИ	2	6900	3450	4800	2450
3	Радиозавод	2	7800	3900	4800	2400
4	Птицефабрика	1	6100	3200	4000	2100
5	Животн. комплекс	1	5300	2700	3300	1800
6	Мясокомбинат	1	3400	2200	2600	1400
7	Молокозавод	1	4100	2100	2000	1200
8	Жиркомбинат	1	5800	3900	2800	1600
9	Дизельный з-д	2	12100	6100	10100	5300
10	Станкозавод	2	14300	7200	11500	6000
11	Город	1	14100	7100	10900	5500
12	Обогатит. ф-ка	2	13800	6800	10200	5700
13	Мебельная ф-ка	2	5800	2900	3000	2000
14	Обувная ф-ка	2	5300	2700	2900	1800
15	Часовой з-д	2	5100	2600	2700	1700
16	Трикотажная ф-ка	2	5000	2500	2600	1600
17	З-д эл.изм.приборов	2	7900	3900	4900	2500
18	Эл. ламповый з-д	1	7300	3700	4300	2300
19	Автозавод	2	15100	7500	12000	6300
20	Машиностроит. з-д	2	13900	7000	11500	6200
21	Швейная ф-ка	2	4500	2300	2500	1200
22	Жилой посёлок	2	5200	2600	3200	1600
23	Шахта	1	6600	3300	4600	2400
24	Элеватор	2	5800	2900	3600	1800
25	Фарфоровый з-д	1	12700	6400	10500	6000

№ Вар.	1 Потребитель	2 Потребитель	3 Потребитель	4 Потребитель
1	Завод ЖБИ	Радиозавод	Химкомбинат	Дизельный 3-д
2	Птицефабрика	Мясокомбинат	Станкозавод	Город
3	Молокозавод	Живот. компл.	Обогатит. ф-ка	Автозавод
4	Жиркомбинат	Мебельн. ф-ка	Машиностр. 3-д	Завод ЖБИ
5	Обувная ф-ка	Часовой 3-д	Фарфоров. 3-д	Радиозавод
6	Трикот. ф-ка	3-д эл.изм.приб.	Дизельный 3-д	Птицефабрика
7	Эл. ламп. 3-д	Швейная ф-ка	Город	3-д эл.изм.приб.
8	Жил. посёлок	Шахта	Автозавод	Эл. ламп. 3-д
9	Элеватор	Завод ЖБИ	Химкомбинат	Шахта
10	Радиозавод	Птицефабрика	Станкозавод	Химкомбинат
11	Живот. компл.	Молокозавод	Обогатит. ф-ка	Город
12	Мебельн. ф-ка	Жиркомбинат	Машиностр. 3-д	Автозавод
13	Часовой 3-д	Обувная ф-ка	Фарфоров. 3-д	Станкозавод
14	3-д эл.изм.приб.	Трикот. ф-ка	Дизельный 3-д	Фарфоров. 3-д
15	Швейная ф-ка	Эл. ламп. 3-д	Город	Машиностр. 3-д
16	Шахта	Жил. посёлок	Автозавод	Завод ЖБИ
17	Птицефабрика	Элеватор	Химкомбинат	Радиозавод
18	Элеватор	Завод ЖБИ	Станкозавод	Птицефабрика
19	Жил. посёлок	Радиозавод	Обогатит. ф-ка	Шахта
20	Эл. ламп. 3-д	Живот. компл.	Машиностр. 3-д	Город
21	Трикот. ф-ка	Мебельн. ф-ка	Фарфоров. 3-д	Химкомбинат
22	Обувная ф-ка	Часовой 3-д	Дизельный 3-д	Автозавод
23	Жир комбинат	Швейная ф-ка	Город	Станкозавод
24	Молокозавод	Шахта	Автозавод	Фарфоров. 3-д
25	Птицефабрика	Молокозавод	Химкомбинат	Город
26	Завод ЖБИ	Радиозавод	Станкозавод	Автозавод
27	Молокозавод	Мясокомбинат	Обогатит. ф-ка	Город
28	Часовой 3-д	Обувная ф-ка	Фарфоров. 3-д	Птицефабрика
29	Швейная ф-ка	Жил. посёлок	Элеватор	Завод ЖБИ
30	Шахта	Жиркомбинат	Молокозавод	Город
31	Город	Радиозавод	Машиностр. 3-д	Автозавод
32	Птицефабрика	Мебельн. ф-ка	Часовой 3-д	Химкомбинат
33	Живот. компл	Элеватор	Шахта	Город
34	Город	Птицефабрика	Молокозавод	Жиркомбинат
35	Шахта	Радиозавод	Химкомбинат	Элеватор

16	36	17	33	49	32	53	5700
17	31	14	32	48	31	56	6200
18	33	15	31	46	45	54	3800
19	32	16	30	47	49	53	4900
20	30	17	33	50	36	54	5400
21	34	18	35	48	48	53	6600
22	35	19	31	45	37	58	7000
23	31	19	33	44	41	56	3800
24	34	15	32	46	32	54	4000
25	30	17	35	47	39	53	3900
26	36	18	31	49	38	57	4600
27	32	16	33	50	48	55	5300
28	33	19	31	51	41	53	6100
29	31	18	34	45	46	52	6400
30	34	14	36	43	35	49	7200
31	36	17	32	48	32	51	5800
32	35	16	31	47	48	53	7500
33	31	14	33	46	39	52	6400
34	33	19	32	45	47	56	6900
35	31	18	31	43	36	53	7300

Задание на курсовой проект

Тема: «Проект электрической сети промышленного района напряжением 35-110 кВ».



№ Вар.	A-1 км	1-2 км	2-A км	A-4 км	A-3 км	4-3 км	T max в часах.
1	31	14	31	46	42	54	6000
2	33	16	32	48	46	57	3000
3	32	15	30	47	34	52	4500
4	30	17	34	49	33	53	5200
5	34	18	35	50	36	55	6100
6	35	19	31	45	45	58	7000
7	31	20	34	44	38	56	3600
8	34	15	32	46	47	54	4000
9	32	14	30	48	39	57	4600
10	30	17	36	47	41	53	3800
11	36	18	32	49	48	56	5300
12	32	16	33	50	38	58	5500
13	33	19	31	51	47	52	6000
14	31	20	34	45	32	54	6300
15	34	14	36	44.	35	57	7100