

ЗАДАЧА

по ЭО № 9

РАЗДЕЛ 7 РАСЧЕТ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Определение значений токов и напряжений в различных точках сети начинают с построения картины распределения полной мощности в сети, называемой *потокораспределением*, т.е. определения мощностей в начале и в конце каждого элемента сети.

Разомкнутыми сетями называются такие, в которых энергия подается потребителям с *одной стороны*. В большинстве случаев такими сетями являются сети до 110 кВ, подающие энергию потребителям на расстояния, не превышающие 20-30 км.

Простейшим видом замкнутой сети является сеть с двухсторонним питанием, т.е. такая сеть, в которой энергия подается потребителям с двух сторон. Частным случаем сети с двухсторонним питанием является кольцо (рис.13).

Прежде чем приступить к расчету сети с двухсторонним питанием, необходимо условно «разрезать» питающий пункт и получить сеть с двумя пунктами A_1 и A_2 (рис.14).

Существуют два вида расчета сетей с двухсторонним питанием.

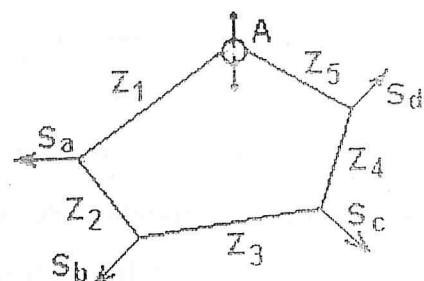


Рисунок 13 – Схема сети с двухсторонним питанием

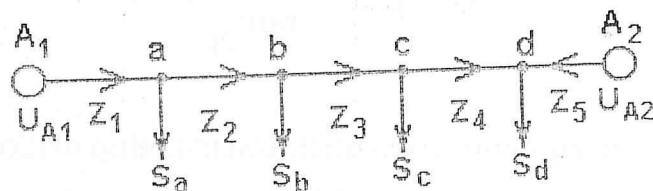


Рисунок 14 – Схема сети с двухсторонним питанием в «разрезанном» виде

1. При одинаковых напряжениях питающих пунктов A_1 и A_2 , т.е. при $U_{A1} = U_{A2}$. Задача состоит в том, чтобы при заданных сопротивлениях участков и мощностях нагрузок рассчитать мощности на участках и найти точки токораздела. Т.к. $U_{A1} = U_{A2}$, можно составить уравнение по второму закону Кирхгофа: сумма падений напряжений между пунктами A_1 и A_2 равна нулю.

Мощность, вытекающая из питающего пункта A_1 , определяется по формуле:

$$S_1 = \frac{S_a(Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5) + S_b(Z_3 + Z_4 + Z_5) + S_c(Z_4 + Z_5) + S_d Z_5}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5}, \quad (60)$$

где S_a, S_b, S_c, S_d – мощности нагрузок, МВ·А.

Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 – полные сопротивления участков линии до питающего пункта A_2 .

Аналогично, мощность, вытекающая из питающего пункта A_2 :

$$S_{A2} = \frac{S_d(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) + S_c(Z_1 + Z_2 + Z_3) + S_b(Z_1 + Z_2) + S_a Z_1}{Z_\Sigma}. \quad (61)$$

Зная мощность, вытекающую из любого питающего пункта, можно аналогично определить мощности каждого участка. В результате расчета мощности отдельных участков могут оказаться положительными или отрицательными, т.е. протекающими в направлении, указанном стрелками, или в противоположном направлении.

Точками токораздела называются точки, в которых подтекающая со всех сторон мощность полностью потребляется нагрузкой. Точек токораздела в сетях с двухсторонним питанием может быть две: по активным мощностям и реактивным. Во многих случаях эти точки могут совпадать.

Если сечения всех участков сети одинаковы, то сеть является *однородной* и при расчете можно пренебречь активным и реактивным сопротивлениями и расчет вести с использованием длины участков линии.

Пример 15

Четыре электропотребителя питаются от замкнутой линии напряжением 10 кВ (рис.15, а). Кольцевая линия выполнена проводом АС-70, а ответвления – проводом АС-50.

Мощности потребителей: $S_c = 1500 + j1200$ кВ·А; $S_d = 500 + j300$ кВ·А; $S_e = 800 + j600$ кВ·А; $S_f = 400 + j300$ кВ·А.

Длины участков линий:

Аа - $\ell_1 = 2$ км; аб - $\ell_2 = 4$ км;

$bc - l_3 = 3 \text{ км}; Ac - l_4 = 2 \text{ км};$

$bd - l_5 = 1 \text{ км}; ae - l_6 = 3 \text{ км};$

$ef - l_7 = 5 \text{ км}.$

Определить мощность на всех участках линии и максимальную потерю напряжения в ней.

Решение:

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис. 15 б).

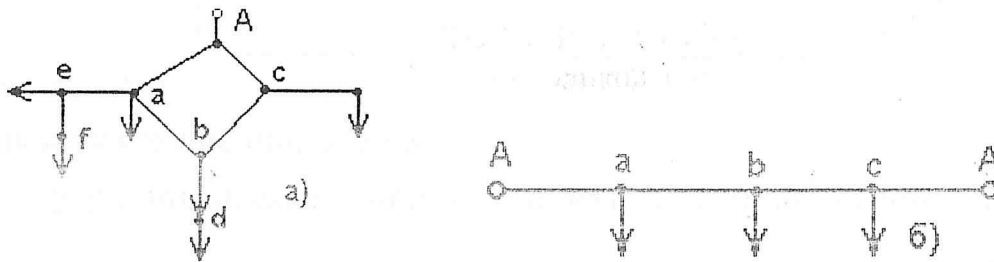


Рисунок 15 – Расчетная схема

2. Напряжения источников питания и сечения проводов одинаковы, поэтому расчет мощности на головных участках линии можно проводить по длинам участков.

$$S_a = S_e + S_f = 800 + j600 + 400 + j300 = 1200 + j900 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$S_b = S_d = 500 + j300 = \text{кВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{Aa} = \frac{S_a(l_2 + l_3 + l_4) + S_b(l_3 + l_4) + S_c l_4}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} =$$

$$= \frac{(1200 + j900) \cdot (4 + 3 + 2) + (500 + j300) \cdot (3 + 2) + (1500 + j1200) \cdot 2}{2 + 4 + 3 + 2} = 1482 + j1091 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$S_{cA'} = \frac{S_a l_1 + S_b(l_1 + l_2) + S_c(l_1 + l_2 + l_3)}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} =$$

$$= \frac{(1200 + j900) \cdot 2 + (500 + j300) \cdot (2 + 4) + (1500 + j1200) \cdot (2 + 4 + 3)}{2 + 4 + 3 + 2} = 1718 + j1309 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность на втором участке

$$S_2 = S_1 - S_a = 1482 + j1091 - (1200 + j900) = 282 + j191 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Потокораздел приходится в точку b, т.к. нагрузка S_b больше мощности S_2 и поэтому получает питание и от источника А.

3. Погонные сопротивления проводов определяем по таблице Приложения А, а сопротивления по (32) и (33):

$$AC - 50 \quad r_0 = 0,6 \text{ Ом / км}; \quad x_0 = 0,388 \text{ Ом / км};$$

$$AC - 70 \quad r_0 = 0,428 \text{ Ом / км}; \quad x_0 = 0,376 \text{ Ом / км}.$$

$$R_1 = 0,428 \cdot 2 = 0,856 \text{ Ом}; \quad X_1 = 0,376 \cdot 2 = 0,752 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 0,428 \cdot 4 = 1,712 \text{ Ом}; \quad X_2 = 0,376 \cdot 4 = 1,504 \text{ Ом};$$

$$R_3 = 0,428 \cdot 3 = 1,284 \text{ Ом}; \quad X_3 = 0,376 \cdot 3 = 1,128 \text{ Ом};$$

$$R_4 = 0,428 \cdot 2 = 0,856 \text{ Ом}; \quad X_4 = 0,376 \cdot 2 = 0,752 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 0,6 \cdot 1 = 0,6 \text{ Ом}; \quad X_5 = 0,388 \cdot 1 = 0,388 \text{ Ом};$$

$$R_6 = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ Ом}; \quad X_6 = 0,388 \cdot 3 = 1,164 \text{ Ом}.$$

$$R_7 = 0,6 \cdot 5 = 3,0 \text{ Ом}; \quad X_7 = 0,388 \cdot 5 = 1,94 \text{ Ом}.$$

4. Чтобы определить максимальную потерю напряжения в линии, считаем потери напряжения до точки потокораздела b и до наиболее удаленных точек (d, f) ответвленной линии

$$\begin{aligned} \Delta U_{Ab} &= \Delta U_{Aa} + \Delta U_{ab} = \frac{P_1 \cdot R_1 + Q_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot R_2 + Q_2 \cdot X_2}{U_H} = \\ &= \frac{1482 \cdot 0,856 + 1091 \cdot 0,752 + 282 \cdot 1,712 + 191 \cdot 1,504}{10} = 286 \text{ В}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{Af} &= \Delta U_{Aa} + \Delta U_{ae} + \Delta U_{ef} = \frac{P_1 \cdot R_1 + Q_1 \cdot X_1 + P_6 \cdot R_6 + Q_6 \cdot X_6}{U_H} + \\ &+ \frac{P_7 \cdot R_7 + Q_7 \cdot X_7}{U_H} = \frac{1482 \cdot 0,856 + 1091 \cdot 0,752 + 1200 \cdot 1,8 + 900 \cdot 1,164}{10} + \\ &+ \frac{400 \cdot 3,0 + 300 \cdot 1,94}{10} = 708 \text{ В}; \end{aligned}$$

$$\Delta U_{Ad} = \Delta U_{Ab} + \Delta U_{bd} = 286 + \frac{500 \cdot 0,6 + 300 \cdot 0,388}{10} = 328 \text{ В}.$$

Пример 16

Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП 10 кВ, (рис.16), участка которой выполнены проводами:

$$Oa: AC - 95, \ell_1 = 5 \text{ км}; \quad ab: AC - 35, \ell_2 = 12 \text{ км}; \quad ac: AC - 70, \ell_3 = 3 \text{ км};$$

$$cd: AC - 35, \ell_4 = 6 \text{ км}; \quad ce: AC - 50, \ell_5 = 5 \text{ км}; \quad ef: AC - 35, \ell_6 = 7 \text{ км}.$$

Нагрузки линий: $S_b = 240 + j180 \text{ кВ}\cdot\text{А}$; $S_d = 280 + j210 \text{ кВ}\cdot\text{А}$;
 $S_e = 240 + j180 \text{ кВ}\cdot\text{А}$; $S_f = 240 + j180 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Решение:

1. Погонные сопротивления проводов определяем по таблице Приложения П

АС - 95 $r_0 = 0,306 \text{ Ом / км}$; $x_0 = 0,366 \text{ Ом / км}$;

АС - 70 $r_0 = 0,428 \text{ Ом / км}$; $x_0 = 0,376 \text{ Ом / км}$;

АС - 50 $r_0 = 0,6 \text{ Ом / км}$; $x_0 = 0,388 \text{ Ом / км}$;

АС - 35 $r_0 = 0,79 \text{ Ом / км}$; $x_0 = 0,394 \text{ Ом / км}$.

2. Сопротивления отдельных участков линии определяем по (32) и (33)

$$R_1 = 0,306 \cdot 5 = 1,53 \text{ Ом}; X_1 = 0,366 \cdot 5 = 1,83 \text{ Ом};$$

$$R_2 = 0,79 \cdot 12 = 9,48 \text{ Ом}; X_2 = 0,394 \cdot 12 = 4,73 \text{ Ом};$$

$$R_3 = 0,428 \cdot 3 = 1,28 \text{ Ом}; X_3 = 0,376 \cdot 3 = 1,13 \text{ Ом};$$

$$R_4 = 0,79 \cdot 6 = 4,74 \text{ Ом}; X_4 = 0,394 \cdot 6 = 2,36 \text{ Ом};$$

$$R_5 = 0,6 \cdot 5 = 3,0 \text{ Ом}; X_5 = 0,388 \cdot 5 = 1,94 \text{ Ом};$$

$$R_6 = 0,79 \cdot 7 = 5,53 \text{ Ом}; X_6 = 0,394 \cdot 7 = 2,76 \text{ Ом}.$$

3. Линейные мощности участков

$$S_6 = S_f = 240 + j180 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$S_5 = S_6 + S_e = 240 + j180 + 240 + j180 = 480 + j360 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$S_4 = S_d = 280 + j210 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$S_3 = S_4 + S_5 = 280 + j210 + 480 + j360 = 760 + j570 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$S_2 = S_b = 240 + j180 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$S_1 = S_2 + S_3 = 240 + j180 + 760 + j570 = 1000 + j750 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

4. Потери напряжения до точек b, d, f.

$$\Delta U_{Ob} = \frac{P_1 \cdot R_1 + Q_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot R_2 + Q_2 \cdot X_2}{U_H} =$$

$$\frac{1000 \cdot 1,53 + 750 \cdot 1,83 + 240 \cdot 9,48 + 180 \cdot 4,73}{10} = 603 \text{ В};$$

$$\Delta U_{Od} = \frac{P_1 \cdot R_1 + Q_1 \cdot X_1 + P_3 \cdot R_3 + Q_3 \cdot X_3 + P_4 \cdot R_4 + Q_4 \cdot X_4}{U_H} =$$

$$\frac{1000 \cdot 1,53 + 750 \cdot 1,83 + 760 \cdot 1,28 + 570 \cdot 1,13 + 280 \cdot 4,74 + 210 \cdot 2,36}{10} = 634 \text{ В};$$

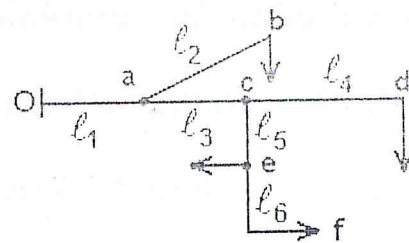


Рисунок 16 – Расчетная схема

$$\Delta U_{Of} = \frac{P_1 \cdot R_1 + Q_1 \cdot X_1 + P_3 \cdot R_3 + Q_3 \cdot X_3 + P_4 \cdot R_4 + Q_4 \cdot X_4}{U_H} +$$

$$+ \frac{P_6 \cdot R_6 + Q_6 \cdot X_6}{U_H} = \frac{1000 \cdot 1,53 + 750 \cdot 1,83 + 760 \cdot 1,28 + 570 \cdot 1,13}{10} +$$

$$\frac{480 \cdot 3,0 + 360 \cdot 1,94 + 240 \cdot 5,53 + 180 \cdot 2,76}{10} = 848 \text{ В.}$$

5. Наибольшая потеря напряжения в линии до точки f

$$\Delta U_{Of} = \frac{848}{10000} \cdot 100 \% = 8,48 \%$$

Пример 17

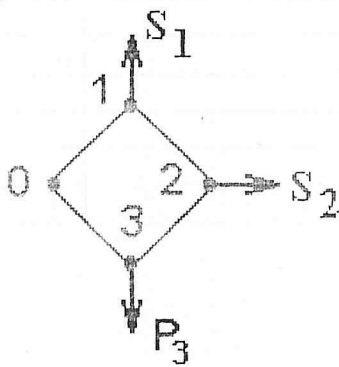


Рисунок 17

Для схемы кольцевой электрической сети (рис.17) $U_H = 110 \text{ кВ}$ определить:

- при какой длине ℓ участка 0-1 активная мощность на этом участке составит $P_{01} = 45 \text{ МВт}$?

- при каком значении коэффициента мощности нагрузки $\cos \varphi_3$ реактивная мощность на участке 0-1 составит $Q_{01} = 20 \text{ Мвар}$?

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1 АС-240; 1-2 АС -95; 2-3 АС-70; 0-3 АС-185. $\ell_{12} = 10 \text{ км}$; $\ell_{23} = 20 \text{ км}$; $\ell_{30} = 20 \text{ км}$; $S_1 = 30 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $S_2 = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $P_3 = 30 \text{ МВт}$.

Решение:

Кольцевая линия неоднородна, поэтому находим по таблице Приложения Б каталожные данные воздушной ЛЭП:

Участок линии 01: $r_0 = 0,12 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,405 \text{ Ом/км}$.

Участок линии 12: $r_0 = 0,306 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,434 \text{ Ом/км}$.

Участок линии 23: $r_0 = 0,428 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,444 \text{ Ом/км}$.

Участок линии 03: $r_0 = 0,162 \text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,4135 \text{ Ом/км}$.

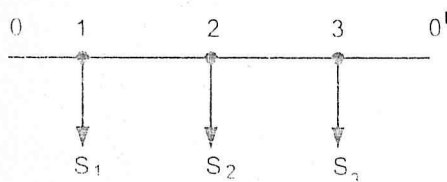


Рисунок 18

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.18).

2. По формулам (32) и (33) находим сопротивления участков линии

$$01: r_{01} = 0,12 \cdot \ell_{01} \text{ Ом}; x_{01} = 0,405 \cdot \ell_{01} \text{ Ом.}$$

$$12: r_{12} = 0,306 \cdot 10 = 3,06 \text{ Ом}; x_{12} = 0,434 \cdot 10 = 4,34 \text{ Ом.}$$

$$23: r_{23} = 0,428 \cdot 20 = 8,56 \text{ Ом}; x_{23} = 0,444 \cdot 20 = 8,88 \text{ Ом.}$$

$$30: r_{30} = 0,162 \cdot 20 = 3,24 \text{ Ом}; x_{30} = 0,413 \cdot 20 = 8,26 \text{ Ом.}$$

3. Активную мощность на участке 01 определяем по формуле

$$P_{01} = \frac{P_1 \cdot (r_{12} + r_{23} + r_{30}) + P_2 \cdot (r_{23} + r_{30}) + P_3 \cdot r_{30}}{r_{01} + r_{12} + r_{23} + r_{30}}$$

Подставив значения, получаем

$$P_{01} = \frac{30 \cdot (3,06 + 8,56 + 3,24) + 20 \cdot (8,56 + 3,24) + 30 \cdot 3,24}{0,12 \cdot \ell_{01} + 3,06 + 8,56 + 3,24} = 45,$$

получаем $\ell_{01} = 20$ км, тогда $r_{01} = 0,12 \cdot 20 = 2,4$ Ом; $x_{01} = 0,405 \cdot 20 = 8,1$ Ом.

4. Реактивная мощность на участке 01 определяется по формуле

$$Q_{01} = \frac{Q_1 \cdot (x_{12} + x_{23} + x_{30}) + Q_2 \cdot (x_{23} + x_{30}) + Q_3 \cdot x_{30}}{x_{01} + x_{12} + x_{23} + x_{30}}$$

Подставив значения, находим Q_3 .

$$Q_{01} = \frac{10 \cdot (4,34 + 8,88 + 8,26) + 10 \cdot (8,88 + 8,26) + Q_3 \cdot 8,26}{8,1 + 4,34 + 8,88 + 8,26} = 20 \text{ Мвар,}$$

получаем $Q_3 = 25$ Мвар.

$$\text{Тогда } S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{30^2 + 25^2} = 39 \text{ МВА.}$$

$$\text{Отсюда } \cos \varphi = \frac{P_3}{S_3} = \frac{30}{39} = 0,77.$$

Пример 18

Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110$ кВ определить, при какой мощности S_H активная мощность на участке 0 - 3 будет равна $P_{03} = 40$ МВт, если коэффициент мощности всех нагрузок $\cos \varphi = 0,8$? Определить реактивную мощность на участке 0-1 Q_{01} .

$\ell_{01} = 30$ км; $\ell_{12} = 15$ км; $\ell_{23} = 10$ км; $\ell_{30} = 20$ км.

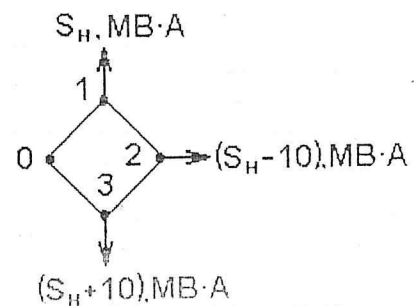


Рисунок 19

Решение:

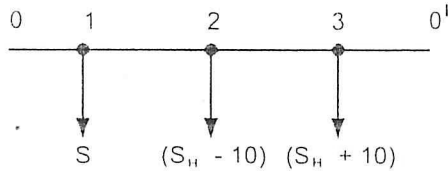


Рисунок 20

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.20).

2. Т.к. кольцевая линия однородна, то пренебрегаем сопротивлениями и расчет ведем

с использованием длины линии.

Активную мощность на участке 03 определяем по формуле

$$P_{03} = \frac{S_n \cdot \cos \varphi \cdot \ell_{01} + (S_n - 10) \cdot \cos \varphi \cdot (\ell_{01} + \ell_{12}) + (S_n + 10) \cdot \cos \varphi \cdot (\ell_{01} + \ell_{12} + \ell_{23})}{\ell_{01} + \ell_{12} + \ell_{23} + \ell_{30}}$$

Подставив значения, получаем

$$P_{03} = \frac{S_n \cdot 0,8 \cdot 30 + (S_n - 10) \cdot 0,8 \cdot (30 + 15) + (S_n + 10) \cdot 0,8 \cdot (30 + 15 + 10)}{30 + 15 + 10 + 20} = 40,$$

получаем $S_n = 28$ МВА; $(S_n - 10) = 18$ МВА; $(S_n + 10) = 38$ МВА.

3. Реактивная мощность на участке 01 определяется по формуле

$$Q_{01} = \frac{Q_1 \cdot (\ell_{12} + \ell_{23} + \ell_{30}) + Q_2 \cdot (\ell_{23} + \ell_{30}) + Q_3 \cdot \ell_{30}}{\ell_{01} + \ell_{12} + \ell_{23} + \ell_{30}}$$

Подставив значения, получаем

$$Q_{01} = \frac{28 \cdot 0,6 \cdot (15 + 10 + 20) + 18 \cdot 0,6 \cdot (10 + 20) + 38 \cdot 0,6 \cdot 20}{30 + 15 + 10 + 20} = 20,5 \text{ Мвар.}$$

Пример 19

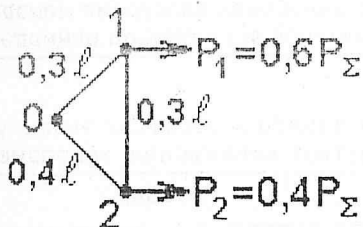


Рисунок 21

Для схемы однородной кольцевой электрической сети (рис.21) $U_n = 110$ кВ, $\cos \varphi = 0,8$, выполненной проводами АС-185 определить:

- при какой мощности P_Σ активная мощность на участке 0-1 составит $P_{01} = 40$ МВт?

- при какой суммарной длине ℓ воздушной ЛЭП суммарные потери активной мощности в

сети составят $\Delta P_{\Sigma} = 0,01(P_1 + P_2)$?

Решение:

По таблице Приложения Р находим каталожные данные воздушной ЛЭП АС-185: $r_0 = 0,162 \text{ Ом/км}$.

1. Сделав разрез по источнику питания, кольцевая линия преобразуется в линию с двухсторонним питанием (рис.22).

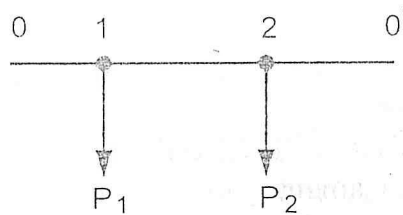


Рисунок 22

2. Так как кольцевая линия однородна, то пренебрегаем сопротивлениями и расчет ведем с использованием длины линии.

3. Активную мощность на участке 01 определяем по формуле

$$P_{01} = \frac{P_1 \cdot (\ell_{12} + \ell_{20}) + P_2 \cdot \ell_{20}}{\ell_{01} + \ell_{12} + \ell_{20}}$$

Подставив значения, получаем

$$P_{01} = \frac{0,6P_{\Sigma} \cdot (0,3\ell + 0,4\ell) + 0,4P_{\Sigma} \cdot 0,4\ell}{0,3\ell + 0,3\ell + 0,4\ell} = 40,$$

получаем $P_{\Sigma} = 69 \text{ МВт}$.

$$P_1 = 0,6 \cdot P_{\Sigma} = 0,6 \cdot 69 = 41,4 \text{ МВт};$$

$$P_2 = 0,4 \cdot P_{\Sigma} = 0,4 \cdot 69 = 27,6 \text{ МВт};$$

4. Потеря активной мощности в ЛЭП определяется по выражению (44). Чтобы определить суммарную потерю мощности в кольцевой сети необходимо определить потери активной мощности на участках кольцевой сети 1-2 и 2-0, а для этого активную мощность на участках сети.

$$P_{20} = \frac{P_2 \cdot (\ell_{01} + \ell_{12}) + P_1 \cdot \ell_{01}}{\ell_{01} + \ell_{12} + \ell_{20}} = \frac{27,6 \cdot (0,3\ell + 0,3\ell) + 41,4 \cdot 0,3\ell}{0,3\ell + 0,3\ell + 0,4\ell} = 29 \text{ МВт}.$$

$$P_{12} = P_{20} - P_2 = 29 - 27,6 = 1,4 \text{ МВт}.$$

$$S_{01} = \frac{P_{01}}{\cos \varphi} = \frac{40}{0,8} = 50 \text{ МВА}; S_{12} = \frac{P_{12}}{\cos \varphi} = \frac{1,4}{0,8} = 1,75 \text{ МВА};$$

$$S_{20} = \frac{P_{20}}{\cos \varphi} = \frac{29}{0,8} = 36,25 \text{ МВА}.$$

$$\Delta P_{01} = \frac{S_{01}^2}{U_H^2} \cdot r_{01} \cdot \ell_{01} = \left(\frac{50}{110} \right)^2 \cdot 0,162 \cdot 0,3 \ell \cdot 10^3 = 12,15 \ell \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{12} = \frac{S_{12}^2}{U_H^2} \cdot r_{12} \cdot \ell_{12} = \left(\frac{1,75}{110} \right)^2 \cdot 0,162 \cdot 0,3 \ell \cdot 10^3 = 0,012 \ell \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{20} = \frac{S_{20}^2}{U_H^2} \cdot r_{20} \cdot \ell_{20} = \left(\frac{36,25}{110} \right)^2 \cdot 0,162 \cdot 0,4 \ell \cdot 10^3 = 7,04 \ell \text{ кВт}.$$

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{01} + \Delta P_{12} + \Delta P_{20} = 12,15 \ell + 0,012 \ell + 7,04 \ell = 19,202 \ell.$$

Согласно исходным данным $\Delta P_{\Sigma} = 0,01(P_1 + P_2) = 0,69 \text{ МВт}$, отсюда

$$\ell = 36 \text{ км}.$$

Контрольное задание № 8

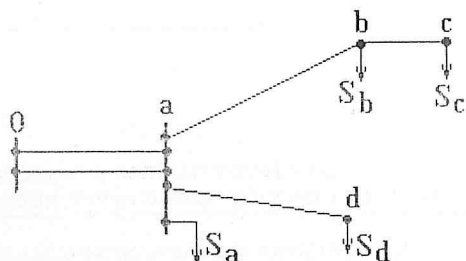


Рисунок 23

Вариант 1. Линия электропередачи напряжением 35 кВ питает понижающие подстанции от источника, находящегося в точке 0 (рис.23). Найти потокораспределение и наибольшую потерю напряжения в линии при максимальной нагрузке, когда напряжение в точке 0 поддерживается равным 37,5 кВ.

0a: $\ell = 5 \text{ км}$; АС-120; ab: $\ell = 8 \text{ км}$; АС-120;

bc: $\ell = 4 \text{ км}$; АС-50; ad: $\ell = 8 \text{ км}$; АС-70.

$S_a = 1,2 + j1,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $S_b = 2 + j2,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}$;

$S_c = 1,8 + j1,0 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $S_d = 1,5 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

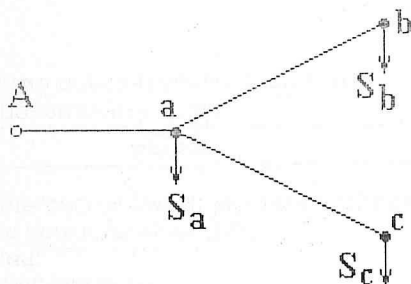


Рисунок 24

Вариант 2. Определить наибольшую потерю напряжения и потери мощности в ЛЭП напряжением 35 кВ (рис.24), если желательно, чтобы в точке с напряжение было не ниже 36 кВ.

Aa: $\ell = 10 \text{ км}$; АС-150; ab: $\ell = 15 \text{ км}$; АС-35;

ас: $\ell = 12$ км; АС-70.

$S_a = 3,1 + j1,2$ МВ · А; $S_b = 1,2 + j0,9$ МВ · А;

$S_c = 3,2 + j2,4$ МВ · А.

Вариант 3. Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП напряжением 6 кВ (рис.25).

Аа: $\ell = 3$ км; АС-95; аb: $\ell = 2$ км; АС-35;

ас: $\ell = 1$ км; АС-35.

$S_a = 180 + j120$ кВ · А; $S_b = 250 + j180$ кВ · А;

$S_c = 320 + j200$ кВ · А.

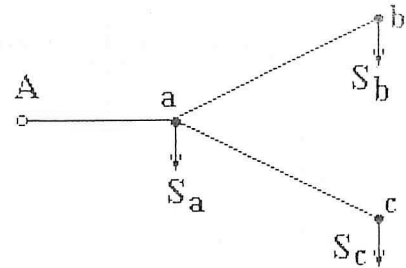


Рисунок 25

Вариант 4. Определить наибольшую потерю напряжения и потери мощности в ЛЭП напряжением 6 кВ, участки которой выполнены проводами (рис.26):

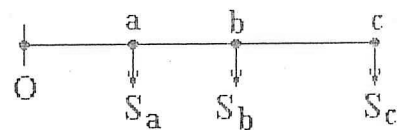


Рисунок 26

Оа: $\ell = 4$ км; АС-95; аb: $\ell = 5$ км; АС-70;

bc: $\ell = 10$ км АС-50.

$S_a = 250 + j200$ кВ · А; $S_b = 290 + j210$ кВ · А;

$S_c = 200 + j150$ кВ · А.

Вариант 5. Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП напряжением 6 кВ, участки которой выполнены проводами (рис.27):

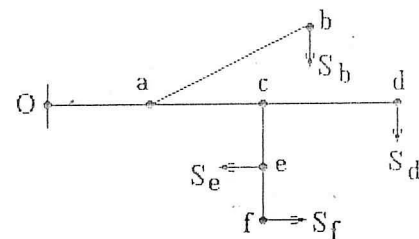


Рисунок 27

Оа: $\ell = 6$ км; АС-95; аb: $\ell = 15$ км; АС-35;

ас: $\ell = 4$ км; АС-70; cd: $\ell = 8$ км; АС-35;

се: $\ell = 6$ км; АС-50; ef: $\ell = 10$ км; АС-35.

$S_b = 240 + j180$ кВ · А; $S_d = 280 + j210$ кВ · А;

$S_c = 240 + j180$ кВ · А; $S_f = 240 + j180$ кВ · А.

Вариант 6. Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП напряжением 10 кВ, участки которой выполнены проводами (рис.28):

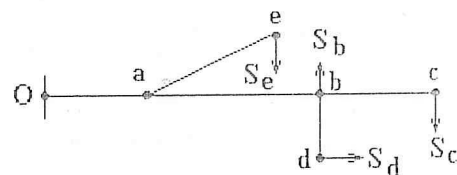


Рисунок 28

Оа: $\ell = 2$ км; АС-95; аb: $\ell = 6$ км; АС-70;

bc: $\ell = 4$ км; АС-35; bd: $\ell = 3$ км; АС-35;

ае: $\ell = 5$ км; АС-35.

$S_b = 170 + j130$ кВ · А; $S_c = 220 + j170$ кВ · А;

$S_d = 150 + j110$ кВ · А; $S_e = 280 + j210$ кВ · А.

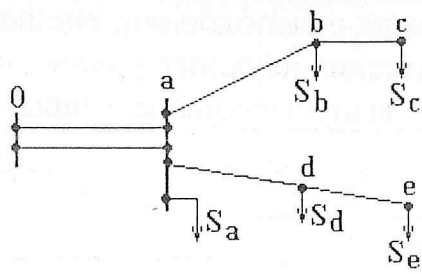


Рисунок 29

Вариант 7. Определить наибольшую потерю напряжения в ЛЭП напряжением 35 кВ (рис.29). Напряжение в центре питания (точка 0) поддерживается на уровне 37 кВ. Участки выполнены проводами:

Oa: $\ell = 15$ км; АС-95; ab: $\ell = 3$ км; АС-35;
bc: $\ell = 2$ км; АС-35; ad: $\ell = 2$ км; АС-35;
de: $\ell = 1$ км; АС-35.

$S_a = 6,4 + j4,8$ МВ·А; $S_b = 0,7 + j0,71$ МВ·А;

$S_c = 0,3 + j0,4$ МВ·А; $S_d = 0,4 + j0,3$ МВ·А;

$S_e = 0,6 + j0,8$ МВ·А.

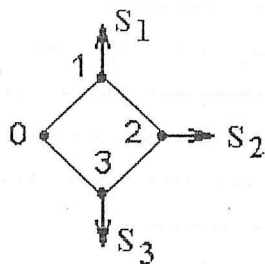


Рисунок 30

Вариант 8. Для схемы кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.30) определить, при какой длине ℓ участка 0-3 активная мощность на участке 0-1 будет равна $P_{01} = 35$ МВт? Определить реактивную мощность на участке 3-0 Q_{30} .

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1: АС-185; 1-2: АС-120; 2-3: АС-95; 3-0: АС-70.

$\ell_{01} = 30$ км; $\ell_{12} = 10$ км; $\ell_{23} = 15$ км.

$S_1 = 30 + j10$ МВ·А; $S_2 = 20 + j10$ МВ·А; $S_3 = 25 + j10$ МВ·А.

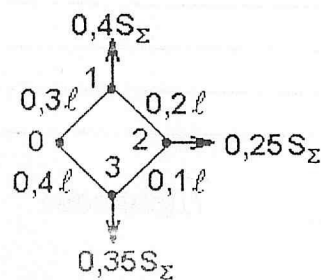


Рисунок 31

Вариант 9. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.31) суммарной длиной ℓ определить:

- при какой мощности нагрузок S_Σ мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 30$ МВ·А?

- при какой длине ℓ потери мощности в сети составят $\Delta P_\Sigma = 0,005 S_\Sigma$?

Все линии выполнены сталеалюминиевыми проводами АС-150.

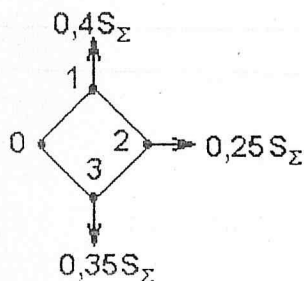


Рисунок 32

Вариант 10. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.32), определить, при какой суммарной мощности нагрузок S_Σ активная мощность на участке 0-1 составит $P_{01} = 20$ МВт? Определить реактивную мощность на участке 3-0 Q_{30} .

$\cos \varphi_1 = 0,8$; $\cos \varphi_2 = 0,9$; $\cos \varphi_3 = 0,85$.

$\ell_{01} = 30$ км; $\ell_{12} = 5$ км; $\ell_{23} = 15$ км; $\ell_{30} = 20$ км.

Вариант 11. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.33) определить:

- при какой длине ℓ участка 0-1 активная мощность на участке 0 - 3 составит $P_{03} = 40$ МВт?

- при каком коэффициенте мощности нагрузки $\cos \varphi_3$ реактивная мощность на участке 0-1 составит $Q_{01} = 30$ Мвар ?

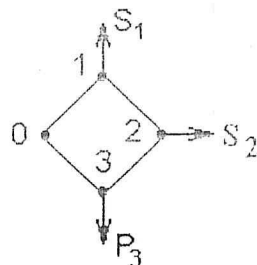


Рисунок 33

$\ell_{12} = 10$ км; $\ell_{23} = 5$ км; $\ell_{30} = 15$ км.

$S_1 = 50$ МВ·А; $\cos \varphi_1 = 0,8$; $S_2 = 10 + j5$ МВ·А; $P_3 = 25$ МВт.

Вариант 12. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.34) определить:

- при какой длине ℓ участка 0-1 реактивная мощность на участке 0-2 составит $Q_{02} = 15$ Мвар?

- при каком коэффициенте мощности нагрузок $\cos \varphi$ активная мощность на участке 0-1 составит $P_{01} = 32$ МВт?

Коэффициент мощности всех нагрузок $\cos \varphi$ принять одинаковым.

$\ell_{12} = 10$ км; $\ell_{20} = 15$ км; $Q_1 = 15$ Мвар; $Q_2 = 30$ Мвар

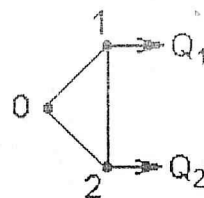


Рисунок 34

Вариант 13. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.35), выполненной проводами АС-150, определить:

- при каких значениях суммарной мощности нагрузки S_Σ и коэффициенте мощности нагрузок $\cos \varphi$ мощность на участке 0-2 составит $S_{02} = 40 + j30$ МВ·А?

- при какой длине ℓ суммарные потери активной мощности в сети составят $\Delta P_\Sigma = 0,01 S_\Sigma$?

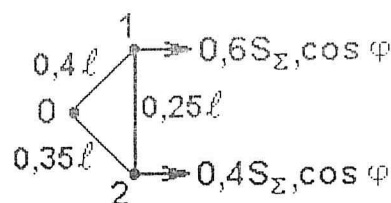


Рисунок 35

Вариант 14. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_n = 110$ кВ (рис.36), выполненной проводами АС-150, определить:

- при каких значениях коэффициентов мощности $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_2$ мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 40 + j30$ МВ·А?

- при какой длине ℓ суммарные потери активной

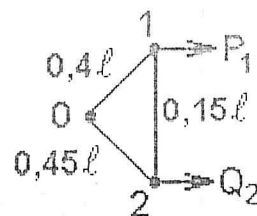


Рисунок 36

мощности составят $\Delta P_{\Sigma} = 0,03(P_1 + P_2)$?

$P_1 = 20 \text{ МВт}; Q_2 = 30 \text{ Мвар.}$

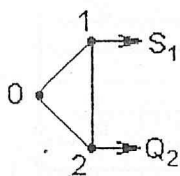


Рисунок 37

$\ell_{01} = 30 \text{ км}; \ell_{12} = 15 \text{ км}; S_1 = 50 \text{ МВ} \cdot \text{А}, \cos \varphi_1 = 0,8;$

$Q_2 = 20 \text{ Мвар.}$

Вариант 15. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110 \text{ кВ}$ (рис.37) определить:

- при какой длине ℓ участка 0-2 реактивная мощность на участке 0-1 составит $Q_{01} = 20 \text{ Мвар}$?

- при каком коэффициенте мощности нагрузки $\cos \varphi_2$ активная мощность на участке 0-1 составит $P_{01} = 30 \text{ Мвар}$?

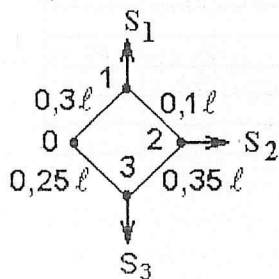


Рисунок 38

Вариант 16. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110 \text{ кВ}$ (рис.38), выполненной проводами АС-185, определить:

- при какой мощности нагрузки S_1 мощность на участке 0-3 составит $S_{03} = 38 + j25 \text{ МВ} \cdot \text{А}$?

- при какой длине ℓ суммарные потери активной мощности составят $\Delta P_{\Sigma} = 0,02(P_1 + P_2 + P_3)$?

$S_2 = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}; S_3 = 30 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \cos \varphi_2 = 0,9;$

$\cos \varphi_3 = 0,8$

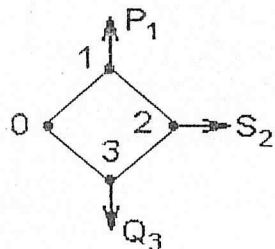


Рисунок 39

Вариант 17. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110 \text{ кВ}$ (рис.39) определить при каких значениях коэффициентов мощности нагрузок $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_3$ мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 30 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$?

$\ell_{01} = 25 \text{ км}; \ell_{12} = 15 \text{ км}; \ell_{23} = 10 \text{ км}; \ell_{30} = 10 \text{ км};$

$P_1 = 30 \text{ МВт}; S_2 = 20 \text{ МВ} \cdot \text{А}, \cos \varphi_2 = 0,9; Q_3 = 15 \text{ Мвар.}$

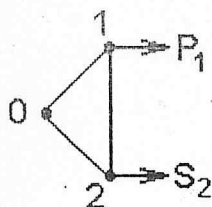


Рисунок 40

Вариант 18. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110 \text{ кВ}$ (рис.40) определить, при каких значениях мощности нагрузки S_1 мощность на участке 0-2 составит $S_{02} = 35 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$?

$\ell_{01} = 30 \text{ км}; \ell_{12} = 15 \text{ км}; \ell_{20} = 25 \text{ км.}$

$S_2 = (P_1 + 10) + j(Q_1 + 5) \text{ МВ} \cdot \text{А.}$

Вариант 19. Четыре электропотребителя питаются от замкнутой линии напряжением 6 кВ (рис.41). Кольцевая линия выполнена проводом АС-95, а ответвления - проводом АС-70. Определить мощность на всех участках линии и максимальную потерю напряжения в ней.

Ас: $l = 2$ км; Аа: $l = 2$ км; аb: $l = 4$ км; bс: $l = 3$ км;

bd: $l = 1$ км; ае: $l = 3$ км; еf: $l = 5$ км. $S_c = 1,5 + j1,2$

МВ·А; $S_d = 0,5 + j0,3$ МВ·А; $S_e = 0,8 + j0,6$ МВ·А; $S_f = 0,4 + j0,3$ МВ·А.

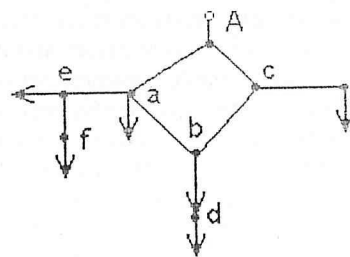


Рисунок 41

Вариант 20. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110$ кВ (рис.42) определить, при каких значениях мощности нагрузки $S_1 = P_1 + jQ_1$ мощность на участке 0-3 составит $S_{03} = 40 + j25$ МВ·А?

$l_{01} = 20$ км; $l_{12} = 10$ км; $l_{23} = 10$ км; $l_{30} = 30$ км.

$S_2 = (P_1 + 5) + j(Q_1 - 5)$ МВ·А; $S_3 = (P_1 + 10) + j(Q_1 + 5)$ МВ·А.

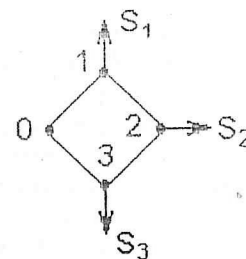


Рисунок 42

Вариант 21. Для схемы кольцевой сети $U_H = 110$ кВ (рис.43) определить, при каких значениях $\cos \varphi_1$ и $\cos \varphi_2$ мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 30 + j20$ МВ·А?

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1: АС-185, $l_{01} = 20$ км; 1-2: АС-120, $l_{12} = 15$ км;

0-2: АС-150, $l_{20} = 25$ км; $P_1 = 30$ МВт; $Q_2 = 20$ Мвар.

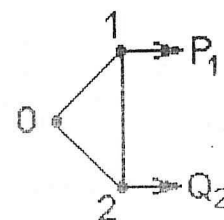


Рисунок 43

Вариант 22. Для схемы кольцевой электрической сети $U_H = 110$ кВ (рис.44) определить:

- при какой длине l участка 0-1 активная мощность на этом участке составит $P_{01} = 45$ МВт?

- при каком значении коэффициента мощности нагрузки $\cos \varphi_3$ реактивная мощность на участке 0-1 составит $Q_{01} = 20$ Мвар?

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:

0-1 АС-240; 1-2 АС -95; $l_{12} = 10$ км; 2-3 АС-70; $l_{23} = 20$ км;

0-3 АС-185 $l_{30} = 20$ км.

$S_1 = 30 + j10$ МВ·А; $S_2 = 20 + j10$ МВ·А; $P_3 = 30$ МВт.

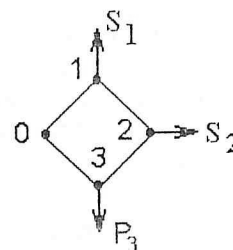


Рисунок 44

Вариант 23. Для схемы однородной кольцевой электрической сети $U_H = 110$ кВ (рис.45), выполненной проводами АС-240, определить:

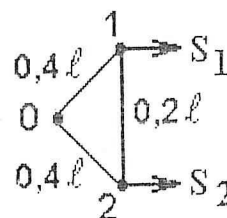


Рисунок 45

- при какой мощности нагрузки S_1 мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 25 + j15 \text{ МВ} \cdot \text{А}$?

- при какой длине ℓ суммарные потери активной мощности в сети составят $\Delta P_{\Sigma} = 0,02(P_1 + P_2)$?

$$S_2 = 20 + j15 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \cos \varphi_1 = 0,8$$

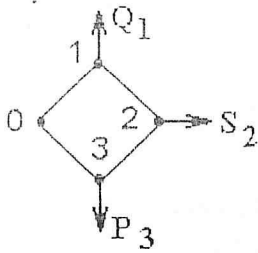


Рисунок 46

Вариант 24. Для схемы кольцевой сети $U_{\text{н}} = 110 \text{ кВ}$ (рис.46) определить, при каких значениях мощностей нагрузок P_1 и Q_3 мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 45 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$?

Кольцевая сеть выполнена следующими проводами:
0-1: АС-240, $\ell_{01} = 30 \text{ км}$; 1-2: АС-120, $\ell_{12} = 15 \text{ км}$; 2-3: АС-95, $\ell_{23} = 10 \text{ км}$; 0-3: АС-185, $\ell_{03} = 20 \text{ км}$.

$$Q_1 = 15 \text{ Мвар}; S_2 = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}; P_3 = 30 \text{ МВт}.$$

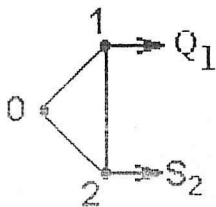


Рисунок 47

Вариант 25. Для схемы однородной кольцевой сети $U_{\text{н}} = 110 \text{ кВ}$ (рис.47), выполненной проводами АС-120, определить, при каких значениях длины участка 0-1 ℓ и активной мощности нагрузки P_1 мощность на участке 0-1 составит $S_{01} = 40 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$?

$$\ell_{12} = 10 \text{ км}; \ell_{20} = 20 \text{ км}; Q_1 = 20 \text{ Мвар}; S_2 = 30 + j15 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$