



Курс «Электроэнергетические системы и сети»

Практическое занятие № 3 «Расчёт режимов разомкнутых сетей»

Преподаватель: Орлов О.
С.

Почта: OrlovOS@mpei.ru

Задача № 1

От шин источника питания по двухцепной линии 110 кВ (параметры схемы замещения: $R_{\text{ИП-1}} = 2,95$ Ом, $X_{\text{ИП-1}} = 10,0$ Ом, $B_{\text{ИП-1}} = 284,4 \cdot 10^{-6}$ См) получает питание ПС1 (см. рис. 2). Мощность, выдаваемая источником питания в сеть $S_{\text{ИП}} = 50 + j30$ МВ · А, напряжение на шинах источника питания $U_{\text{ИП}} = 121$ кВ. Определить напряжение на шинах ВН ПС1 (U_1), а также её приведенную нагрузку ($S_{\text{прив1}}$).

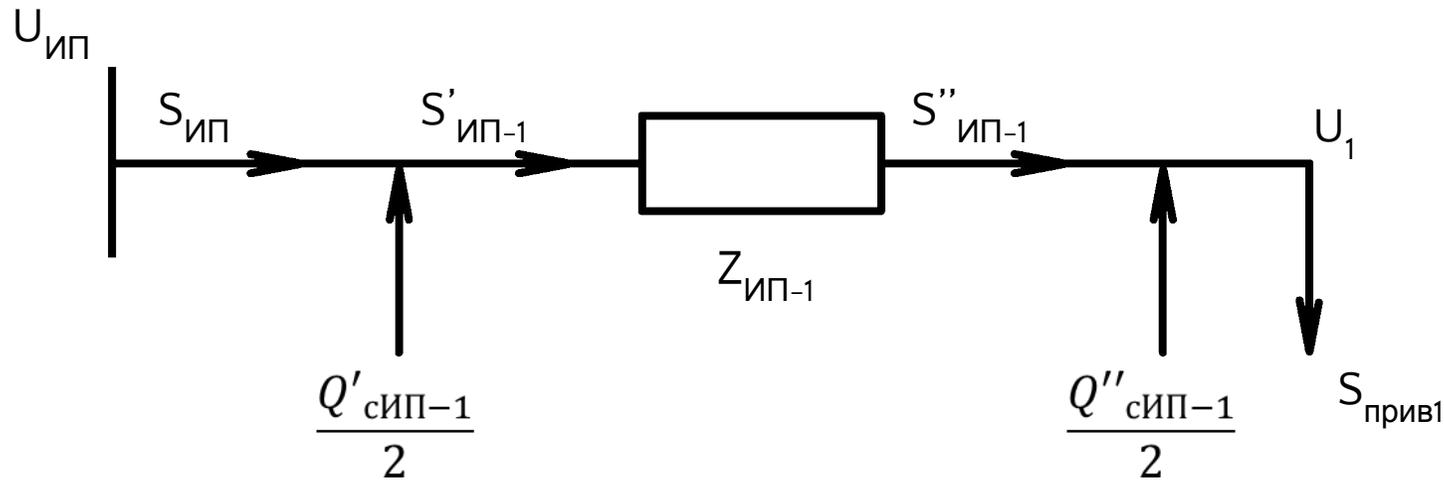


Рисунок 2. Схема замещения сети

Половина зарядной мощности в начале линии:

$$\frac{Q'_{\text{СИП-1}}}{2} = \frac{U_{\text{ИП}}^2 B_{\text{л}}}{2} = \frac{121^2 \cdot 284,4 \cdot 10^{-6}}{2} = 2,08 \text{ Мвар.}$$

Задача № 1

Мощность в начале линии ИП-1:

$$S'_{\text{ИП-1}} = S_{\text{ИП}} + j \frac{Q'_{\text{СИП-1}}}{2} = 50 + j30 + j2,08 = 50 + j32,1 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Потери мощности в сопротивлении линии ИП-1:

$$\Delta S_{\text{ИП-1}} = \frac{(S'_{\text{ИП-1}})^2}{U_{\text{ИП}}^2} Z_{\text{ИП-1}} = \frac{50^2 + 32,1^2}{121^2} \cdot (2,95 + j10) = 0,711 + j2,41 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность в конце линии ИП-1:

$$S''_{\text{ИП-1}} = S'_{\text{ИП-1}} - \Delta S_{\text{ИП-1}} = 50 + j32,1 - (0,711 + j2,41) = 49,3 + j29,7 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Продольная составляющая вектора падения напряжения на сопротивлении линии:

$$\Delta U_{\text{ИП-1}} = \frac{P'_{\text{ИП-1}} R_{\text{ИП-1}} + Q'_{\text{ИП-1}} X_{\text{ИП-1}}}{U_{\text{ИП}}} = \frac{50 \cdot 2,95 + 32,1 \cdot 10}{121} = 3,87 \text{ кВ}.$$

Задача № 1

Напряжение на шинах ВН ПС1:

$$U_1 = U_{ИП} - \Delta U_{ИП-1} = 121 - 3,87 = 117,1 \text{ кВ}$$

Половина зарядной мощности в конце линии:

$$\frac{Q''_{СИП-1}}{2} = \frac{U_1^2 B_{л}}{2} = \frac{117,1^2 \cdot 284,4 \cdot 10^{-6}}{2} = 1,95 \text{ Мвар.}$$

Приведенная нагрузка ПС1:

$$S_{прив1} = S''_{ИП-1} + j \frac{Q''_{СИП-1}}{2} = 49,3 + j29,7 + j1,95 = 49,3 + j31,7 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$$

Задача № 2

По двухцепной линии 220 кВ (эквивалентные параметры схемы замещения: $R_{\text{ИП-1}} = 6,37 \text{ Ом}$, $X_{\text{ИП-1}} = 23,2 \text{ Ом}$, $B_{\text{ИП-1}} = 591,7 \cdot 10^{-6} \text{ См}$) получает питание ПС1, приведенная нагрузка которой $S_{\text{прив1}} = 150,7 + j77,7 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ (рис. 1). Напряжение на шинах ВН ПС1 должно составлять $U_1 = 215,3 \text{ кВ}$. Определить напряжение на шинах источника питания ($U_{\text{ИП}}$), а также мощность, выдаваемую источником питания в сеть ($S_{\text{ИП}}$).

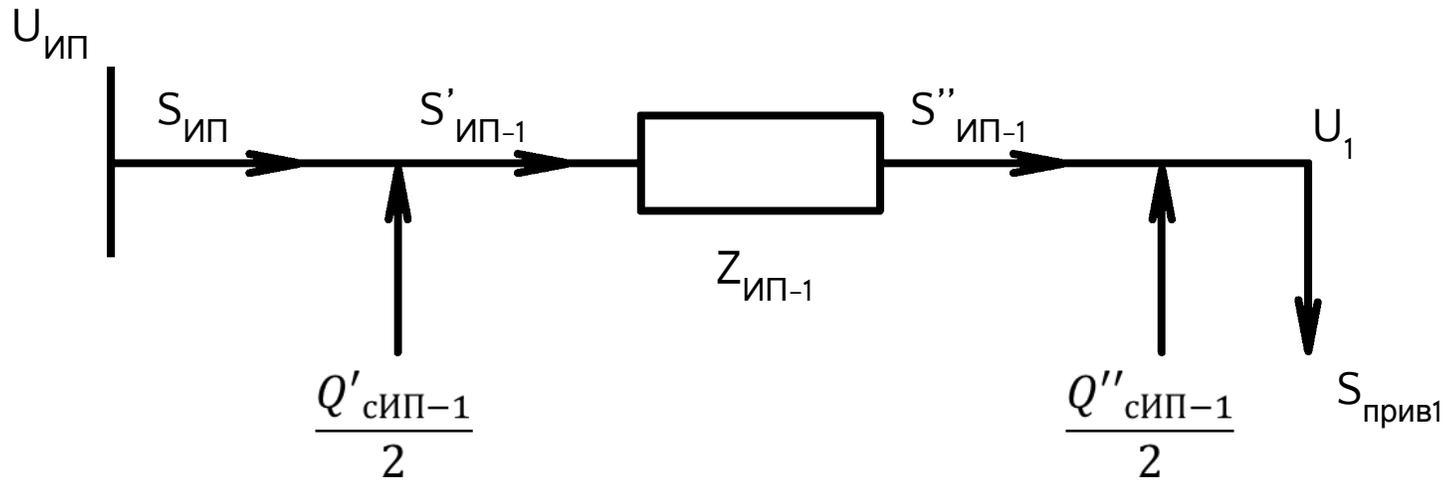


Рисунок 1. Схема замещения сети

Половина зарядной мощности в конце линии:

$$\frac{Q''_{\text{СИП-1}}}{2} = \frac{U_1^2 B_{\text{л}}}{2} = \frac{215,3^2 \cdot 591,7 \cdot 10^{-6}}{2} = 13,7 \text{ Мвар.}$$

Задача № 2

Расчётная нагрузка ПС1:

$$S_{p1} = S_{\text{прив1}} - j \frac{Q''_{\text{сИП-1}}}{2} = 150,7 + j77,7 - j13,7 = 150,7 + j64,0 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность в конце линии ИП-1:

$$S''_{\text{ИП-1}} = S_{p1} = 150,7 + j64,0 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Потери мощности в сопротивлении линии ИП-1:

$$\Delta S_{\text{ИП-1}} = \frac{(S''_{\text{ИП-1}})^2}{U_1^2} Z_{\text{ИП-1}} = \frac{150,7^2 + 64^2}{215,3^2} \cdot (6,37 + j23,2) = 3,68 + j13,4 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность в начале линии ИП-1:

$$S'_{\text{ИП-1}} = S''_{\text{ИП-1}} + \Delta S_{\text{ИП-1}} = 150,7 + j64,0 + 3,68 + j13,4 = 154,4 + j77,4 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 2

Продольная составляющая вектора падения напряжения на сопротивлении линии:

$$\Delta U_{\text{ИП-1}} = \frac{P''_{\text{ИП-1}} R_{\text{ИП-1}} + Q''_{\text{ИП-1}} X_{\text{ИП-1}}}{U_1} = \frac{150,7 \cdot 6,37 + 64 \cdot 23,2}{215,3} = 11,4 \text{ кВ.}$$

Поперечная составляющая вектора падения напряжения на сопротивлении линии:

$$\delta U_{\text{ИП-1}} = \frac{P''_{\text{ИП-1}} X_{\text{ИП-1}} - Q''_{\text{ИП-1}} R_{\text{ИП-1}}}{U_1} = \frac{150,7 \cdot 23,2 - 64 \cdot 6,37}{215,3} = 14,3 \text{ кВ.}$$

Напряжение на шинах источника питания:

$$U_{\text{ИП}} = \sqrt{(U_1 + \Delta U_{\text{ИП-1}})^2 + (\delta U_{\text{ИП-1}})^2} = \sqrt{(215,3 + 11,4)^2 + 14,3^2} = 227,2 \text{ кВ.}$$

Половина зарядной мощности в начале линии:

$$\frac{Q'_{\text{СИП-1}}}{2} = \frac{U_{\text{ИП}}^2 B_{\text{л}}}{2} = \frac{227,2^2 \cdot 591,7 \cdot 10^{-6}}{2} = 15,3 \text{ Мвар.}$$

Задача № 2

Мощность, выдаваемая источником питания в сеть:

$$S_{\text{ип}} = S'_{\text{ип-1}} - j \frac{Q'_{\text{сип-1}}}{2} = 154,4 + j77,4 - j15,3 = 154,4 + j62,1 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 3

По двухцепной линии электропередач 110 кВ получают питание две подстанции, заданные расчётные нагрузки $S_{p1} = 25,4 + j12,7$ МВА, $S_{p2} = 20,2 + j10,3$ МВА. Параметры схемы замещения линии А1: $R_{A1} = 2,36$ Ом, $X_{A1} = 8,02$ Ом, $Q_{CA1}/2 = 1,38$ Мвар; линии 12: $R_{12} = 2,44$ Ом, $X_{12} = 4,23$ Ом. Напряжение на шинах источника питания составляет $U_A = 115$ кВ. Рассчитать режим электропередачи, т.е. определить напряжение на шинах ВН ПС1 и ПС2 (U_1 и U_2), а также мощность, выдаваемую источником питания в сеть (S_A).

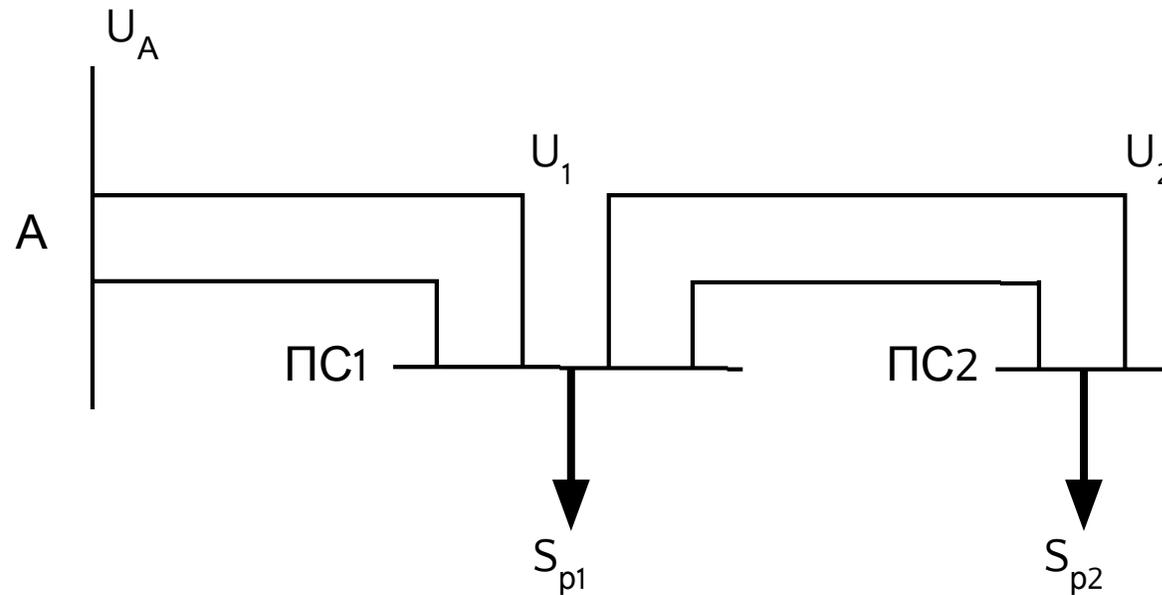


Рисунок 3. Схема сети

Задача № 3

Приведем расчётную схему сети, указав на ней потоки мощности (рис. 4)

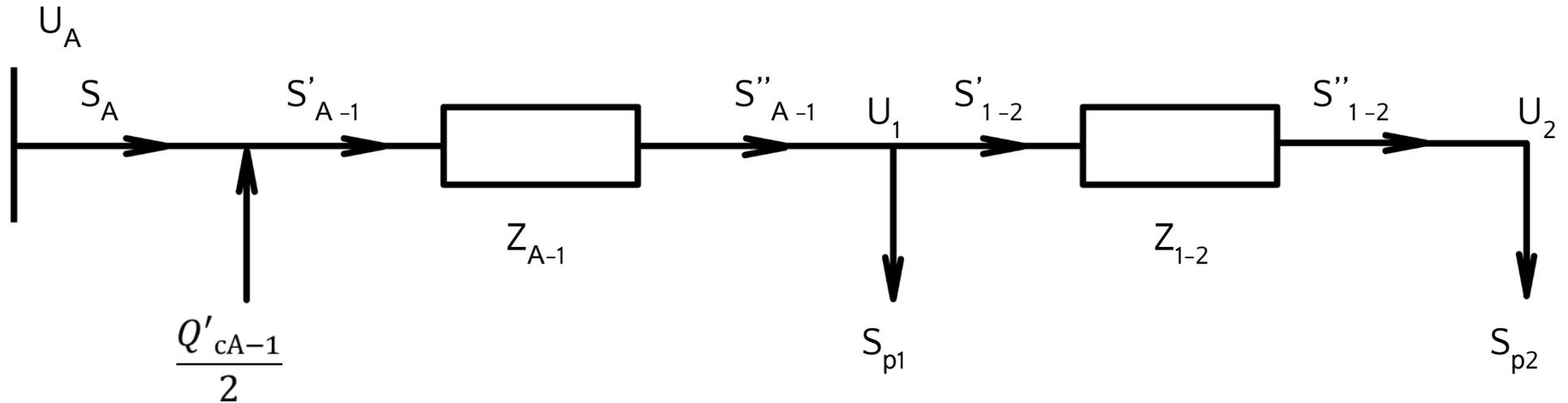


Рисунок 4. Расчётная схема сети

Метод расчёта в 2 этапа

1-ый этап

$$U_1^{(0)} = U_2^{(0)} = U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$$

Задача № 3

Мощность в конце линии 1-2:

$$S''_{1-2} = S_{p2} = 20,2 + j10,3 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Потери мощности в сопротивлении линии 1-2:

$$\Delta S_{1-2} = \frac{(S''_{1-2})^2}{U_{\text{НОМ}}^2} Z_{1-2} = \frac{20,2^2 + 10,3^2}{110^2} \cdot (2,44 + j4,23) = 0,104 + j0,180 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность в начале линии 1-2:

$$S'_{1-2} = S''_{1-2} + \Delta S_{1-2} = 20,2 + j10,3 + 0,104 + j0,180 = 20,3 + j10,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность в конце линии А-1:

$$S''_{\text{А-1}} = S'_{1-2} + S_{p1} = 20,3 + j10,5 + 25,4 + j12,7 = 45,7 + j23,2 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 3

Потери мощности в сопротивлении линии А-1:

$$\Delta S_{A-1} = \frac{(S''_{A-1})^2}{U_{\text{НОМ}}^2} Z_{A-1} = \frac{45,7^2 + 23,2^2}{110^2} \cdot (2,36 + j8,02) = 0,512 + j1,74 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность в начале линии А-1:

$$S'_{A-1} = S''_{A-1} + \Delta S_{A-1} = 45,7 + j23,2 + 0,512 + j1,74 = 46,2 + j24,9 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Мощность, выдаваемая источником питания в сеть:

$$S_A = S'_{A-1} - j \frac{Q'_{cA-1}}{2} = 46,2 + j24,9 - j1,38 = 46,2 + j23,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 3

2-ой этап

Продольная составляющая вектора падения напряжения на сопротивлении линии А-1:

$$\Delta U_{A-1} = \frac{P'_{A-1}R_{A-1} + Q'_{A-1}X_{A-1}}{U_A} = \frac{46,2 \cdot 2,36 + 24,9 \cdot 8,02}{115} = 2,68 \text{ кВ.}$$

Напряжение на шинах ВН ПС1:

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A-1} = 115 - 2,68 = 112,3 \text{ кВ}$$

Продольная составляющая вектора падения напряжения на сопротивлении линии 1-2:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{P'_{1-2}R_{1-2} + Q'_{1-2}X_{1-2}}{U_1} = \frac{20,3 \cdot 2,44 + 10,5 \cdot 4,23}{112,3} = 0,837 \text{ кВ.}$$

Задача № 3

Напряжение на шинах ВН ПС2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{1-2} = 112,3 - 0,837 = 111,5 \text{ кВ}$$