

Моделирование установившегося режима электроэнергетической системы

В приведенной на рис 1 схеме электрической сети определить параметры модели и режима \underline{S}_A , U_2 и U_4 при коэффициентах трансформации трансформаторов $R_{T1} = 233,45/11$ и $R_{T3} = 230/6,6$, если $S_2 = 30 + j10$ МВ·А, $P_4 = 45$ МВт при $\cos\varphi_4 = 0,88$ и $U_A = 225$ кВ.

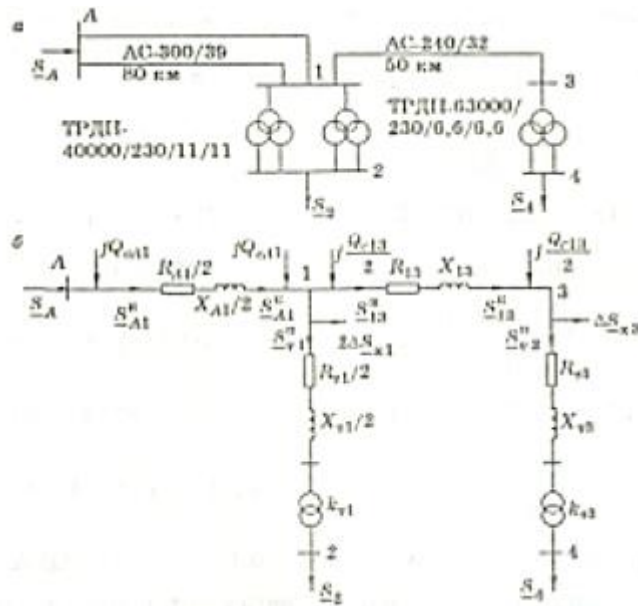


Рис. 1. Схема электрической сети:
 а — схема сети; б — модель сети

Пример. В приведенной на рис 1 схеме электрической сети определить \underline{S}_A , U_2 и U_4 при коэффициентах трансформации трансформаторов $R_{T1} = 233,45 / 11$ и $R_{T3} = 230/6,6$, если $S_2 = 50 + j15$ МВ·А, $P_4 = 48$ МВт при $\cos\varphi_4 = 0,9$ и $U_A = 235$ кВ.

Решение. Параметры модели элементов электрической сети:

$$R_{A1} / 2 = 0,096 \cdot 80 / 2 = 3,84 \text{ Ом}; X_{A1} / 2 = 0,429 \cdot 80 / 2 = 17,16 \text{ Ом};$$

$$Q_{cA1} = 220^2 \cdot 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 10,2 \text{ Мвар};$$

$$R_{13} = 0,118 \cdot 50 = 5,9 \text{ Ом}; X_{13} = 0,435 \cdot 50 = 21,75 \text{ Ом};$$

$$Q_{c13} / 2 = 220^2 \cdot 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot 50 / 2 = 3,15 \text{ Мвар};$$

$$2\Delta\underline{S}_{xi} = 2(0,05 + j0,36) \text{ МВ·А}; R_{T1} / 2 = 2,8 \text{ Ом};$$

$$X_{T1} / 2 = 79,3 \text{ Ом}; \Delta\underline{S}_{X3} = 0,08 + j0,50 \text{ МВ·А};$$

$$R_{T3} = 3,9 \text{ Ом}; X_{T3} / 2 = 100,7 \text{ Ом};$$

Находим распределение мощностей, ведя расчет от узлов 4 и 2 к узлу 1 (рис. 1 б)

$$\Delta\underline{S}_{T3} = \frac{48^2}{0,9^2 + 230^2} (3,9 + j100,7) = 0,2 + j5,42 \text{ МВ·А}$$

$$\underline{S}_{T3}^n = 48 + 0,21 + j(23,25 + 5,42) = 48,21 + j28,67 \text{ МВ·А};$$

$$\underline{S}_{13}^k = 48,21 + 0,08 + j(28,67 + 0,50 - 3,15) = 48,29 + j26,02 \text{ МВ·А};$$

$$\Delta\underline{S}_{13} = \frac{48,29^2 + 26,02^2}{220^2} (5,9 + j21,75) = 0,37 + j1,35 \text{ МВ·А};$$

$$\underline{S}_{13}^n = 48,29 + 0,37 + j(26,02 + 1,35) = 48,66 + j27,37 \text{ МВ·А};$$

$$\Delta\underline{S}_{T1} = \frac{50^2 + 15^2}{230^2} (2,8 + j79,3) = 0,14 + j4,09 \text{ МВ·А};$$

$$\underline{S}_{T1}^n = 50 + 0,14 + j(15 + 4,09) = 50,14 + j19,09 \text{ МВ·А};$$

Переходим к расчету распределения мощностей в линии А1

$$\underline{S}_{A1}^k = \underline{S}_{13}^n + \underline{S}_{T1}^n + \Delta\underline{S}_{x1} - j(Q_{c13}/2 + Q_{cA1}) = 48,66 + 50,14 + 2 \cdot 0,05 + j(27,37 + 19,09 + 2 \cdot 0,36 - 3,15 - 10,2) = 98,9 + j33,83 \text{ МВ·А};$$

$$\Delta\underline{S}_{A1} = \frac{98,9^2 + 33,83^2}{220^2} (3,84 + j17,16) = 0,87 + j3,87 \text{ МВ·А};$$

$$\Delta\underline{S}_{A1}^n = 98,9 + 0,87 + j(33,83 + 3,87) = 99,77 + j37,7 \text{ МВ·А};$$

В итоге находим мощность, выдаваемую источником А в сеть

$$\underline{S}_A = 99,77 + j(37,7 - 10,2) = 99,77 + j27,5 \text{ МВ·А};$$

Анализируя величины реактивной мощности, выдаваемой источником А и потребляемой нагрузками в узлах 2 и 4, видим, что последние превышают Q_A ($38,25 > 27,5$). Объясняется это тем, что генерируемая линиями зарядная мощность превышает суммарные потери реактивной мощности в линиях и трансформаторах.

Совсем иная картина возникнет, если на участке А1 отключить одну из линий. После отключения параметры линии А1 будут равны

$$R_{A1} = 7,68 \text{ Ом}; X_{A1} = 34,32 \text{ Ом}; Q_{cA1} / 2 = 5,1 \text{ Мвар.}$$

Значит

$$\underline{S}_{A1}^k = 98,9 + 38,93 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_{A1} = \frac{98,9^2 + 38,93^2}{220^2} (7,68 + j34,32) = 1,79 + j8,01 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\underline{S}_{A1}^n = 100,69 + j46,94 \text{ МВ} \cdot \text{А}; \underline{S}_A = 100,69 + j41,84 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

Здесь $Q_A > Q_2 + Q_4$ ($41,84 > 38,25$).

Определение параметров режима модели.

Расчет ведем, начиная с узла А, в направлении узлов 2 и 4

$$U_1 = \sqrt{\left(U_A - \frac{P_{A1}^n R_{A1} + Q_{A1}^n X_{A1}}{2U_A} \right)^2 + \left(\frac{P_{A1}^n X_{A1} - Q_{A1}^n R_{A1}}{2U_A} \right)^2} =$$

$$\sqrt{\left(235 - \frac{99,77 \cdot 3,84 + 37,7 \cdot 17,6}{235} \right)^2 + \left(\frac{99,77 \cdot 17,16 - 37,7 \cdot 3,84}{235} \right)^2} = 230,7 \text{ кВ.}$$

Оценивая влияние поперечной составляющей падения напряжения можно получить, что она изменяет величину напряжения U_1 только на 0,1 кВ (0,04%). Поэтому при расчете напряжения узла 3 ее не учитываем

$$U_3 = U_1 - \frac{P_{13}^n R_{13} + Q_{13}^n X_{13}}{U_1} = 230,7 - \frac{48,66 \cdot 5,9 + 27,37 \cdot 21,75}{230,7} = 226,88 \text{ кВ.}$$

Находим приведенные к стороне ВН напряжения на шинах низшего напряжения подстанции. Расчет ведем с учетом поперечной составляющей падения напряжения

$$U_2^B = \sqrt{\left(U_1 - \frac{P_{T1}^n R_{T1} + Q_{T1}^n X_{T1}}{2U_1} \right)^2 + \left(\frac{P_{T1}^n X_{T1} - Q_{T1}^n R_{T1}}{2U_1} \right)^2} =$$

$$\sqrt{\left(230,7 - \frac{50,14 \cdot 2,8 + 19,09 \cdot 79,3}{230,7} \right)^2 + \left(\frac{50,14 \cdot 79,3 - 19,09 \cdot 2,8}{230,7} \right)^2} = 224,17 \text{ кВ.}$$

Здесь поперечная составляющая падения напряжения изменяет величину напряжения 0,65 кВ (0,3%), что больше ее влияния в линиях

$$U_4^B = \sqrt{\left(226,88 - \frac{48,21 \cdot 3,9 + 28,67 \cdot 100,7}{226,88} \right)^2 + \left(\frac{48,21 \cdot 100,7 - 28,67 \cdot 3,9}{226,88} \right)^2} = 214,35$$

кВ.

Определяем действительные напряжения на шинах низшего напряжения подстанций:

$$U_2 = U_2^B / R_{T1} = 224,17 \cdot \frac{11}{233,45} = 10,56 \text{ кВ.}$$

$$U_4 = U_4^B / R_{T3} = 214,35 \cdot \frac{6,6}{230} = 6,15 \text{ кВ.}$$

Ответ:

$SA =$

$U =$

....

....