

Выбор сечения проводников воздушных линий электропередачи

ВАРИАНТ 1

Для проектируемой сети сначала определим распределение полных мощностей S без учета потерь в линиях по участкам сети.

Рассмотрим в начале кольцо А–3–4–А – линию с двухсторонним питанием (А–3–4–А) (рис. 6.1). Наметим точку потокораздела – точку 3 – и направления потоков мощностей.

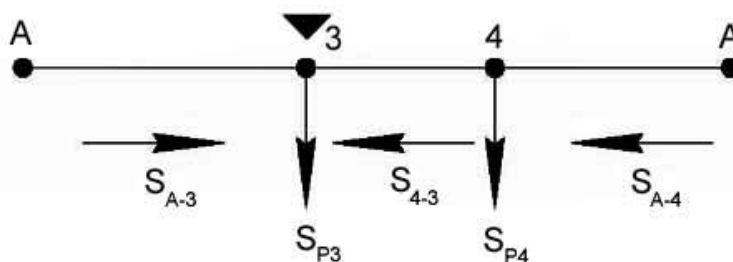


Рис. 6.1

Определим потоки полной мощности по упрощенным формулам по участкам А–3, А–4, 4–3:

$$S_{A-3} = \frac{S_3(L_{3-4} + L_{4-A}) + S_4 L_{4-A}}{L_{A-3} + L_{3-4} + L_{4-A}} = \frac{25,9(23 + 25) + 24,1 \cdot 22}{44 + 23 + 25} = 20,1 \text{ МВ} \cdot \text{А} ;$$

$$S_{A-4} = \frac{S_4(L_{3-4} + L_{A-3}) + S_3 L_{A-3}}{L_{A-3} + L_{3-4} + L_{4-A}} = \frac{24,1(23 + 44) + 25,9 \cdot 44}{44 + 23 + 25} = 29,9 \text{ МВ} \cdot \text{А} .$$

По первому закону Кирхгофа определим переток мощности S_{4-3} :

$$S_{4-3} = S_{A-4} - S_4 = 29,9 - 24,1 = 5,8 \text{ МВ} \cdot \text{А} .$$

Так как потоки мощности получились положительными, значит, точка потокораздела и направления мощностей выбраны верно.

Далее рассмотрим двухцепные линии. Определим потоки полной мощности по участкам А–2, 2–1 по каждой цепи двухцепных линий:

$$S_{A-2} = \frac{S_2 + S_1}{2} = \frac{47 + 36,4}{2} = 41,7 \text{ МВ} \cdot \text{А} ;$$

$$S_{2-1} = \frac{S_1}{2} = \frac{36,4}{2} = 18,2 \text{ МВ} \cdot \text{А} .$$

Далее определим расчетную токовую нагрузку по каждой цепи двухцепных линий по формуле:

$$I_P = I_{нб} \alpha_i \alpha_t, \quad (6.1)$$

где α_i – коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии, для линий 110 – 220 кВ принимается равным 1,05 [4]; α_t – коэффициент, учитывающий заданное число часов использования максимальной нагрузки линии T_{\max} . Выбирается по [4, табл. 3.13]: $\alpha_t = 1,0$.

В нормальном режиме работы сети наибольший ток в одноцепной линии равен :

$$I_{нб} = \frac{S}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (6.2)$$

где S – полная мощность, передаваемая по линии.

В двухцепной линии ток по каждой цепи:

$$I_{нб} = \frac{S}{2\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (6.3)$$

где S – полная мощность, передаваемая по двум цепям линии.

Расчетная токовая нагрузка одноцепных линий «кольца» в нормальном режиме [4]:

– В линии А – 3:

$$I_{pA-3} = \frac{S_{A-3}}{\sqrt{3}U_{ном}} \alpha_i \alpha_t$$

$$I_{pA-3} = \frac{20,1 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 111 \text{ A};$$

– В линии А - 4:

$$I_{pA-4} = \frac{29,9 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 165 \text{ A};$$

– В линии 4 - 3:

$$I_{p4-3} = \frac{5,8 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 32 \text{ A}.$$

Расчетная токовая нагрузка для одной (каждой) цепи двухцепных линий:

– В одной цепи линии А - 2:

$$I_{pA-2} = \frac{S_{A-2}}{\sqrt{3}U_{ном}} \alpha_i \alpha_t,$$

где S – полная мощность, передаваемая по одной цепи двухцепной линии,
т. е.

$$I_{PA-2} = \frac{41,7 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 230 \text{ A};$$

– В одной цепи линии 2 - 1:

$$I_{P2-1} = \frac{18,2 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 100,4 \text{ A}.$$

По найденным значениям расчетных токов определяем расчетные сечения проводов ВЛ по условию экономической (нормированной) плотности тока для нормального режима

$$F = \frac{I_P}{J_{\text{э}}}.$$

Определим расчетные сечения по участкам по условию экономической плотности тока для нормального режима:

– для одноцепных линий «кольца»:

$$F_{A3} = \frac{I_{PA3}}{J_{\text{э}}} = \frac{111}{1,1} = 101 \text{ мм}^2;$$

$$F_{A4} = \frac{I_{PA4}}{J_{\text{э}}} = \frac{165}{1,1} = 150 \text{ мм}^2;$$

$$F_{34} = \frac{I_{P34}}{J_{\text{э}}} = \frac{32}{1,1} = 29,1 \text{ мм}^2;$$

– Для одной цепи двухцепных линий:

$$F_{A2} = \frac{I_{PA2}}{J_{\text{э}}} = \frac{230}{1,1} = 209 \text{ мм}^2;$$

$$F_{21} = \frac{I_{P21}}{J_{\text{э}}} = \frac{100,4}{1,1} = 91,3 \text{ мм}^2.$$

Исходя из напряжения и расчетной токовой нагрузки в нормальном режиме выбираются сечения сталеалюминиевых проводов. Для линии 110 кВ наименьшее сечение сталеалюминиевого провода по механической прочности равно 120 мм^2 . Использование проводов сечением 70 и 95 мм^2 , согласно [4] экономически невыгодно и нецелесообразно. Таким образом, для линии выбираем ближайшие стандартные сечения:

– Для А - 4: АС – 150/24;

– Для А - 3: АС – 120/19;

- Для 4 - 3: AC – 120/19;
- Для А - 2: AC – 185/27;
- Для 2 - 1: AC – 120/19.

Далее надо провести проверку выбранного сечения по условиям нагрева проводов ВЛ в послеаварийном режиме.

Проверка выбранных сечений по допустимому нагреву осуществляется по формуле:

$$I_p^{\text{авар}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (6.4)$$

где $I_p^{\text{авар}}$ – наибольший ток в послеаварийном режиме, А; $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток по нагреву, А [4, табл. 7.12].

Наибольшая токовая нагрузка в послеаварийном режиме для «кольца» будет иметь место при отключении линий, ближайших к источнику «А».

Рассмотрим кольцо (А-3-4-А):

- при обрыве линии А - 3 (наиболее нагруженной будет линия А - 4):

$$S_{A-4\text{авар}} = S_4 + S_3 = 24,1 + 25,9 = 50 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$I_{pA-4}^{\text{авар}} = \frac{S_{A-4\text{авар}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \alpha_i \cdot \alpha_i;$$

$$I_{pA-4}^{\text{авар}} = \frac{50 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 276 \text{ А};$$

- при обрыве линии А - 4:

$$S_{A-3\text{авар}} = S_3 + S_4 = 50 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$I_{pA-3}^{\text{авар}} = \frac{S_{A-3\text{авар}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \alpha_i \cdot \alpha_i;$$

$$I_{pA-3}^{\text{авар}} = \frac{50 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 276 \text{ А};$$

– поток мощности на участке 3-4 или 4-3 принять тот, который получится больше при обрыве линии А-3 или линии А-4:

$$S_{4-3\text{авар}} = S_3 = 25,9 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$I_{p4-3}^{\text{авар}} = \frac{S_{4-3\text{авар}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \alpha_i \cdot \alpha_i;$$

$$I_{p4-3}^{\text{авар}} = \frac{25,9 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 143 \text{ A.}$$

Затем рассмотрим двухцепные линии А–2 и 2–1:

– обрыв одной цепи линии А - 2:

$$S_{A-2\text{авар}} = S_2 + S_1 = 47 + 36,4 = 83,4 \text{ MB} \cdot \text{A};$$

$$I_{pA-2}^{\text{авар}} = \frac{S_{A-2\text{авар}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \alpha_i \cdot \alpha_i;$$

$$I_{pA-2}^{\text{авар}} = \frac{83,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 459,62 \text{ A};$$

– обрыв одной цепи линии 2 - 1:

$$S_{2-1\text{авар}} = S_1 = 36,4 \text{ MB} \cdot \text{A};$$

$$I_{p2-1}^{\text{авар}} = \frac{S_{2-1\text{авар}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} \alpha_i \cdot \alpha_i;$$

$$I_{p2-1}^{\text{авар}} = \frac{36,4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} 1,05 \cdot 1 = 200,6 \text{ A.}$$

По вычисленным наибольшим расчетным токовым нагрузкам в послеаварийном режиме по [4, табл. 7.12] определяем ближайшие большие или равные допустимые токи по нагреву и проверяем ранее выбранные сечения линий по допустимым токам по нагреву:

– Для А - 4: $276 \text{ A} > I_{\text{доп}} = 450 \text{ A}$ для АС–150/24;

– Для А - 3: $276 \text{ A} > I_{\text{доп}} = 390 \text{ A}$ для АС–120/19;

– Для 4 - 3: $143 \text{ A} > I_{\text{доп}} = 390 \text{ A}$ для АС–120/19;

– Для А - 2: $459,62 \text{ A} > I_{\text{доп}} = 510 \text{ A}$ для АС–185/27;

– Для 2 - 1: $200,6 \text{ A} > I_{\text{доп}} = 390 \text{ A}$ для АС–120/19.

Окончательный выбор сечений проводов заключается в принятии большего сечения из двух вышеперечисленных условий выбора. В данном случае решающим условием выбора сечения является первое условие, т.е. выбор сечения по экономической плотности тока в нормальном режиме. Все полученные результаты запишем в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Линия	А - 3	А - 4	4 - 3	А - 2	2 - 1
$I_{p,i}, A$	111	165	32	230	100,4
Марка провода	АС – 120/19	АС – 150/24	АС – 120/19	АС – 185/27	АС – 120/19
$I_{p,i}^{авар}, A$	276	276	143	459,62	200,6
$I_{доп,i}, A$	390	450	390	510	390

При сравнении наибольшего тока в послеаварийном режиме с длительно допустимым током по нагреву выполняется неравенство (6.4), и, следовательно, выбранные провода удовлетворяют условию по экономической плотности тока и допустимому нагреву в послеаварийном режиме.