

2.18 Емкость трехфазной линии электропередачи

Все три группы уравнений Максвелла можно использовать для определения емкости проводов реальных линий электропередач, работающих на промышленной частоте (50 Гц), если длина линии l на много меньше длины волны λ , т.е. $l \ll \lambda$, где $\lambda = v/f = v \cdot T = \frac{300000 \text{ км/с}}{50 \text{ 1/с}} = 6000 \text{ км}$.

В этом случае во всех точках линии можно считать фазу колебаний одинаковой, что позволяет считать поле электростатическим в каждый момент времени. Мгновенные значения потенциалов записываются через мгновенные значения зарядов, которые также изменяются по синусоидальному закону.

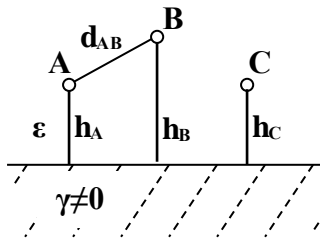


Рисунок 2.23.

В комплексной форме записи первая группа уравнений Максвелла имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \bar{\varphi}_A &= \alpha_{AA} \bar{q}_A + \alpha_{AB} \bar{q}_B + \alpha_{AC} \bar{q}_C; \\ \bar{\varphi}_B &= \alpha_{AA} \bar{q}_A + \alpha_{AB} \bar{q}_B + \alpha_{AC} \bar{q}_C; \\ \bar{\varphi}_C &= \alpha_{AA} \bar{q}_A + \alpha_{AB} \bar{q}_B + \alpha_{AC} \bar{q}_C. \end{aligned} \right\}$$

Здесь: $\alpha_{AA} = \frac{\ln \frac{2h_A}{r_A}}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}$; $\alpha_{BB} = \frac{\ln \frac{2h_B}{r_B}}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}$; $\alpha_{AB} = \frac{\ln \frac{d_{AB'}}{d_{AB}}}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}$, и т.д.;

r_A, r_B, r_C – радиусы проводов; h_A, h_B, h_C – высота расположения над землей;

d_{AB}, d_{BC}, d_{AC} – расстояние между проводами разных фаз;

$d_{AB'}, d_{BC'}, d_{AC'}$ – расстояние до зеркальных изображений разных фаз;

Даже при расположении проводов всех трех фаз на одной высоте различие их места расположения (в середине или по краям) приводит к появлению не симметрии из-за наличия проводящей поверхности (земли). Емкость проводов получаются не одинаковыми, и потенциалы в фазах на концах линий образуют несимметричную трехфазную систему напряжений.

Для создания симметричной системы на концах линий применяют транспозицию проводов (меняют места расположения фаз проводов).

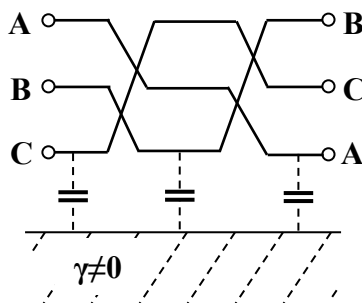


Рисунок 2.24.

Транспозиция позволяет при расчетах использовать средние величины потенциальных коэффициентов:

$$\alpha_o = \frac{\alpha_{AA} + \alpha_{BB} + \alpha_{CC}}{3} \text{ - собственный;}$$

$$\alpha_M = \frac{\alpha_{AB} + \alpha_{BC} + \alpha_{CA}}{3} \text{ - взаимный. Тогда:}$$

$$\alpha_o = \frac{1}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l} \ln \frac{2h}{r}; \quad \alpha_M = \frac{1}{2\pi\epsilon\epsilon_0 l} \ln \frac{d'}{d};$$

Первая группа уравнений Максвелла примет вид:

$$\bar{\varphi}_A = \alpha_O \bar{q}_A + \alpha_M \bar{q}_B + \alpha_M \bar{q}_C = \alpha_O \bar{q}_A - \alpha_M \bar{q}_A = \bar{q}_A (\alpha_O - \alpha_M);$$

$$\bar{\varphi}_B = \bar{q}_B (\alpha_O - \alpha_M);$$

$$\bar{\varphi}_C = \bar{q}_C (\alpha_O - \alpha_M).$$

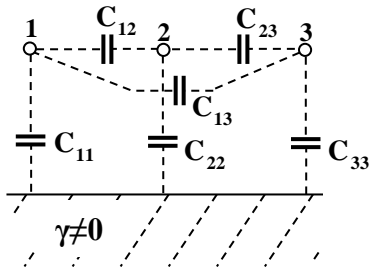


Рисунок 2.25.

Емкость одной фазы:
$$C_\Phi = \frac{\bar{q}_A}{\bar{\varphi}_A} = \frac{1}{\alpha_O - \alpha_M}.$$

Емкостная схема замещения трехфазной линии электропередачи показана на рис. 2.25.