

Падения напряжения в элементах электрической сети

Геометрическая разность векторов напряжений, действующих на концах участка ЛЭП, характеризует напряжение по значению и фазе и называется *падением напряжения на участке линии*. Другим количественным показателем, характеризующим различие напряжений на концах линии, является разность модулей этих напряжений, называемая *потерей напряжения*.

Падение напряжения можно представить состоящим из продольной и поперечной составляющих. Продольная составляющая (она же, принимаемая равной потере напряжения в проводах) определяется по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_\phi &= I r_0 l \cos \varphi + I x_0 l \sin \varphi; \\ \Delta U &= \sqrt{3} (I_a r_0 + I_p x_0) l; \\ \Delta U &= \frac{P r_0 + Q x_0}{U} l, \end{aligned} \right\}$$

Падения напряжения в элементах электрической сети

а поперечная составляющая — по формулам:

$$\delta U_\Phi = Ix_0 l \cos \varphi - Ir_0 l \sin \varphi;$$

$$\delta U = \sqrt{3} (I_a x_0 - I_p r_0) l;$$

$$\delta U = \frac{Px_0 - Qr_0}{U} l.$$

Падения напряжения в элементах электрической сети

Напряжения в начале и в конце линии связаны с продольной и поперечной составляющими падения напряжения в линии соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + (\delta U)^2}; \\ U_2 &= \sqrt{(U_1 - \Delta U)^2 + (\delta U)^2}. \end{aligned} \right\}$$

Эти формулы могут быть заменены более простыми, дающими небольшую погрешность:

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= U_2 + \Delta U + \frac{(\delta U)^2}{2U_2}; \\ U_2 &= U_1 - \Delta U + \frac{(\delta U)^2}{2U_1}. \end{aligned} \right\}$$

В ЛЭП местных сетей поперечная составляющая падения напряжения δU очень мала, так что

$$U_1 = U_2 + \Delta U;$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U.$$

Падения напряжения в элементах электрической сети

Расчет этих линий упрощается и сводится к определению потерь напряжения (равны продольной составляющей вектора падения напряжения) по номинальному напряжению, которые определяются выражением

$$\Delta U = \sqrt{3} I (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) l = (Pr_0 + Qx_0)l/U_{\text{ном}},$$

где I — полный ток нагрузки; P и Q — активная и реактивная мощности, потребляемые нагрузкой; r_0 и x_0 — погонные активное и реактивное сопротивления линии; l — длина участка линии.

В трансформаторе потери напряжения в случае, когда его сопротивления $R''_{\text{тр}}$ и $X''_{\text{тр}}$ подсчитаны по НН трансформатора $U''_{\text{тр}}$, определяются по мощности $P''_{\text{тр}} + jQ''_{\text{тр}}$, потребляемой вторичной обмоткой трансформатора (см. рис. 2.5):

$$\Delta U_{\text{тр}} = \frac{P''_{\text{тр}} R''_{\text{тр}} + Q''_{\text{тр}} X''_{\text{тр}}}{U''_{\text{тр}}}.$$
 (2.32)

Если же сопротивления $R'_{\text{тр}}$ и $X'_{\text{тр}}$ рассчитаны по ВН трансформатора $U'_{\text{тр}}$, то потери напряжения

$$\Delta U_{\text{тр}} = \frac{P'_{\text{тр}} R'_{\text{тр}} + Q'_{\text{тр}} X'_{\text{тр}}}{U'_{\text{тр}}}.$$
 (2.33)

Потери напряжения в обмотках трансформатора (%) могут быть определены также по формуле, рекомендованной ГОСТом:

$$\Delta U_{\text{тр},*} = \beta (u_a \cos \varphi + u_p \sin \varphi) + \frac{\beta^2}{200} (u_a \sin \varphi - u_p \cos \varphi),$$
 (2.34)

где $\beta = s/S_{\text{ном.тр}}$ — коэффициент загрузки трансформатора; s — нагрузка трансформатора; u_a, u_p — потери напряжения на активном и реактивном сопротивлениях трансформатора, %; $\cos \varphi$ — коэффициент мощности нагрузки.

Второй член в формуле (2.34) незначительно влияет на потери напряжения и поэтому им часто пренебрегают.