

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:

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

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

$$\begin{aligned} U_1 &= U_2 + \Delta U; \\ U_2 &= U_1 - \Delta U. \end{aligned}$$

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 $\bar{R}_{\text{тр}}''$ 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):

$$\Delta U_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{тр}}'' R_{\text{тр}}'' + Q_{\text{тр}}'' X_{\text{тр}}''}{U_{\text{тр}}''}. \quad (2.32)$$

Если же сопротивления $R_{\text{тр}}'$ и $X_{\text{тр}}'$ рассчитаны по ВН трансформатора $U_{\text{тр}}'$, то потери напряжения

$$\Delta U_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{тр}}' R_{\text{тр}}' + Q_{\text{тр}}' X_{\text{тр}}'}{U_{\text{тр}}'}. \quad (2.33)$$

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

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

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.