

130 Мощность в цепи несинусоидального тока

Активная мощность несинусоидального тока равна сумме активных мощностей отдельных гармоник (с нулевой). Она равна произведению квадрата действующего значения несинусоидального тока на сопротивление.

Активная мощность периодического тока произвольной формы определяется как средняя мощность за период P :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T ui \, dt.$$

Если мгновенные значения напряжения и тока выразить в виде тригонометрических рядов, то получим

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\sum_{k=0}^{\infty} U_{m_k} \sin(k\omega t + \psi_{u_k}) \right] \left[\sum_{k=0}^{\infty} I_{m_k} \sin(k\omega t + \psi_{i_k}) \right] dt.$$

Так как среднее за период произведение мгновенных значений синусоид различной частоты равно нулю (см. п. 16.4) и тригонометрические ряды абсолютно сходятся при любых частотах ω , то

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{k=0}^{\infty} U_{m_k} I_{m_k} \sin(k\omega t + \psi_{u_k}) \sin(k\omega t + \psi_{i_k}) dt,$$

или после интегрирования

$$P = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{U_{m_k} I_{m_k} \cos \varphi_k}{2} = \sum_{k=0}^{\infty} U_k I_k \cos \varphi_k, \quad (16.5)$$

где $\varphi_k = \psi_{u_k} - \psi_{i_k}$.

Из выражения (16.5) следует вывод: активная мощность несинусоидального тока равна сумме активных мощностей отдельных гармоник (постоянная составляющая рассматривается как нулевая гармоника с $\varphi_0 = 0$):

$$P = \sum_{k=0}^{\infty} P_k.$$

Активная мощность P представляет собой энергию электрической цепи, необратимо преобразуемую в другие виды энергии, в основном

тепловую и механическую. Поэтому активную мощность несинусоидального тока можно рассчитать по закону Джоуля – Ленца:

$$P = RI^2.$$

Кроме понятия активной мощности P , по аналогии с синусоидальными токами вводится понятие полной мощности S , определяемой как произведение действующих значений тока и напряжения:

$$S = UI = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2 \sum_{k=1}^{\infty} I_k^2}.$$

Активная мощность меньше полной, исключение составляет только мощность в цепи, сопротивление которой чисто активное, т. е. $U_k = RI_k$ и, следовательно, $S = P$.

Отношение активной мощности к полной называют *коэффициентом мощности* и иногда приравнивают к косинусу некоторого условного угла θ :

$$\cos \theta = \frac{P}{S}.$$

Формально можно ввести понятие реактивной мощности, определяемой как сумма реактивных мощностей отдельных гармоник:

$$Q = \sum_{k=1}^{\infty} Q_k = \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \sin \varphi_k.$$

Для несинусоидальных токов, в отличие от синусоидальных, квадрат полной мощности обычно больше суммы квадратов активной и реактивной мощностей:

$$S^2 \geq P^2 + Q^2.$$