

70 Среднее и действующее значения синусоидального тока

Среднее за период значение синусоидального тока равно нулю.

Среднее за полупериод значение тока равно $I_M \cdot 2 / \pi$,
где I_M — амплитудное значение.

Действующее значение синусоидального тока $I = I_M / \sqrt{2}$.

8.3. Среднее и действующее значения синусоидального тока, напряжения, ЭДС

Среднее значение периодической функции $F(t)$ за период T определяют по формуле

$$F_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T F(t) dt.$$

Значит, среднее значение за период равно высоте прямоугольника с основанием T , площадь которого равна площади, ограниченной функцией $F(t)$ и осью абсцисс за один период.

Среднее значение синусоидальной функции за период равно нулю, так как площади положительной и отрицательной полуволн

равны. В данном случае пользуются понятием среднего значения функции, взятой по абсолютному значению, т. е. среднего полупериодного значения, соответствующего положительной полуволне синусоиды (рис. 8.3).

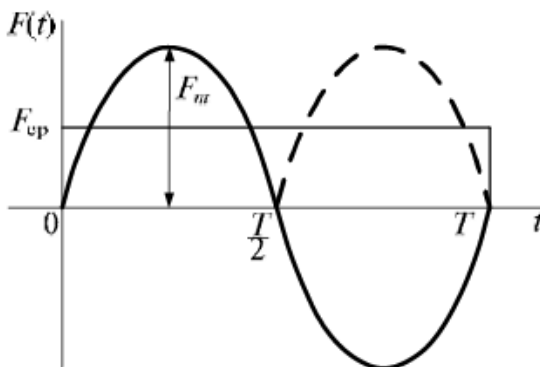


Рис. 8.3. График среднего полупериодного значения синусоидальной функции

Таким образом, под средним значением синусоидально изменяющейся величины понимают среднее значение ее за полупериод:

$$F_{\text{cp}} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} F(t) dt.$$

Выполнив интегрирование функции $e = E_m \sin \omega t$, получим соотношение между средним и амплитудным значениями:

$$\underline{E_{\text{cp}}} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} E_m \sin \omega t = \frac{2E_m}{\omega t} \Big|_0^{T/2} = \frac{2}{\pi} E_m.$$

Аналогично средние значения напряжения и тока

$$U_{\text{cp}} = \frac{2}{\pi} U_m; \quad I_m = \frac{2}{\pi} I_m.$$

Для измерения среднего значения за период применяют приборы магнитоэлектрической системы. При измерении среднего полупериодного значения синусоидальный ток предварительно выпрям-

ляют. Средние значения напряжения, тока и других синусоидальных величин применяют в основном для оценки параметров качества электрической энергии. Для энергетической оценки электроустановок наиболее удобны действующие значения тока, напряжения, ЭДС и других синусоидальных величин электромагнитной энергии.

Действующее значение периодической функции $F(t)$ вычисляют по формуле

$$F = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [F(t)]^2 dt}. \quad (8.2)$$

Поэтому действующее значение является среднеквадратичным значением функции за период. В соответствии с формулой (8.2) действующий периодический ток

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}. \quad (8.3)$$

Возведя выражение (8.3) в квадрат и умножив обе части полученного выражения на RT , получим

$$I^2 RT = \int_0^T Ri^2 dt. \quad (8.4)$$

Равенство (8.4) показывает *физический смысл* действующего значения периодического тока, т. е. действующий периодический ток равен такому постоянному току, который, проходя через неизменное сопротивление R , за период времени T выделяет то же количество теплоты, что и синусоидальный ток i .

Проинтегрировав формулу (8.3), получим соотношение между действующим и амплитудным значениями синусоидального тока:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (I_m \sin \omega t)^2 dt} = \sqrt{\frac{I_m^2}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt} = \sqrt{\frac{I_m^2}{T} \cdot \frac{T}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Аналогично для напряжения и ЭДС

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}.$$

Понятие действующего значения синусоидально изменяющейся величины широко используют в измерительных приборах и при определении номинальных параметров (тока, напряжения) электротехнических устройств.

При оценке периодических кривых в электроэнергетике вводят понятия коэффициента формы k_ϕ , коэффициента амплитуды k_a и коэффициента искажения k_κ .

Коэффициент формы определяют отношением действующего и среднего за полпериода значений:

$$k_\phi = \frac{F}{F_{\text{cp}}}.$$

Для синусоидальной функции

$$k_\phi = \frac{I_m / \sqrt{2}}{I_m \cdot 2/\pi} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11.$$

Коэффициент амплитуды k_a равен отношению амплитудного значения к действующему:

$$k_a = \frac{F_m}{F}.$$

Для синусоидальной функции $k_a = \sqrt{2} = 1,41$.

Понятие коэффициента искажения будет рассмотрено в главе 16 «Электрические цепи с периодическими несинусоидальными напряжениями и токами».

Пример 8.1. Ток в ветви электрической цепи изменяется по закону $i = 28,2 \sin(628t - 70^\circ)$ А. Определить действующее амплитудное значение тока, угловую частоту, частоту, период, начальную фазу.

Решение. Амплитудное значение – это максимальное значение синусоидальной функции, когда фаза равна 90° :

$$I_m = 28,2 \text{ А}.$$

Действующее значение тока связано с амплитудным соотношением

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}},$$

следовательно,

$$I_{\text{eff}} = \frac{28,2}{\sqrt{2}} = 20 \text{ A.}$$

Из тригонометрической функции тока следует, что угловая частота $\omega = 628 \text{ рад/с}$, начальная фаза $\psi_i = -70^\circ$.

Частоту f определяем из выражении $\omega = 2\pi f$:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{628}{2 \cdot 3,14} = 100 \text{ Гц.}$$

$$\text{Период } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ с.}$$