

Задача 7.1. Катушка с сердечником из электротехнической стали подключена к сети напряжением $u = 179\cos 314t$ В. Кривая намагничивания стали $B(H)$ приведена на рис. 7.1. Площадь поперечного сечения сердечника $S = 10$ см², длина средней магнитной линии $l = 50$ см, число витков катушки $w = 400$. Пренебрегая активным сопротивлением и потоком рассеяния обмотки, потерями в стальном сердечнике: 1) построить диаграммы мгновенных значений потока $\Phi(\omega t)$ и тока $i(\omega t)$ в катушке; 2) рассчитать действующее значение тока, коэффициент амплитуды и эквивалентную индуктивность катушки.

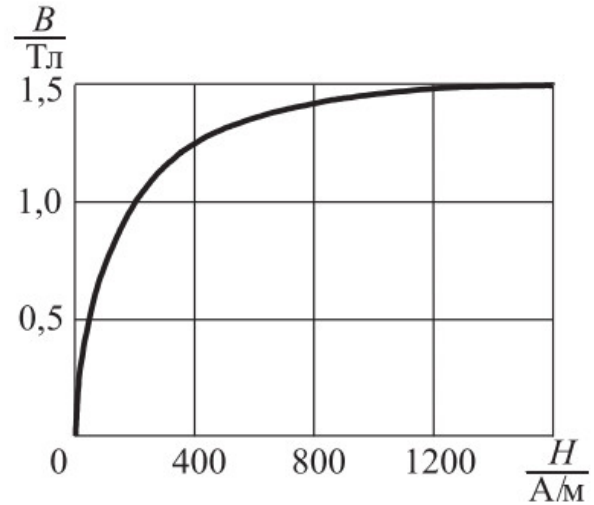


Рис. 7.1

Решение. При отсутствии активного сопротивления и потока рассеяния обмотки напряжение уравновешивается ЭДС самоиндукции $u = -e = w \frac{d\Phi}{dt}$ и изменение потока во времени определяется приложенным к катушке напряжением:

$$\Phi(t) = \frac{1}{w} \int u dt + C = \frac{U_m}{\omega w} \sin \omega t = \Phi_m \sin \omega t,$$

т.е. при синусоидальном напряжении на зажимах катушки рабочий поток ее сердечника изменяется также синусоидально (рис. 7.2, а).

Поскольку $U = E = 2\pi f w \Phi_m / \sqrt{2} = 4,44 f w \Phi_m$, то амплитуды магнитного потока и индукции равны соответственно:

$$\Phi_m = \frac{U_m / \sqrt{2}}{4,44 f w} = \frac{179 / \sqrt{2}}{4,44 \cdot 50 \cdot 400} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ Вб};$$

$$B_m = \frac{\Phi_m}{S} = \frac{1,43 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-4}} = 1,43 \text{ Тл.}$$

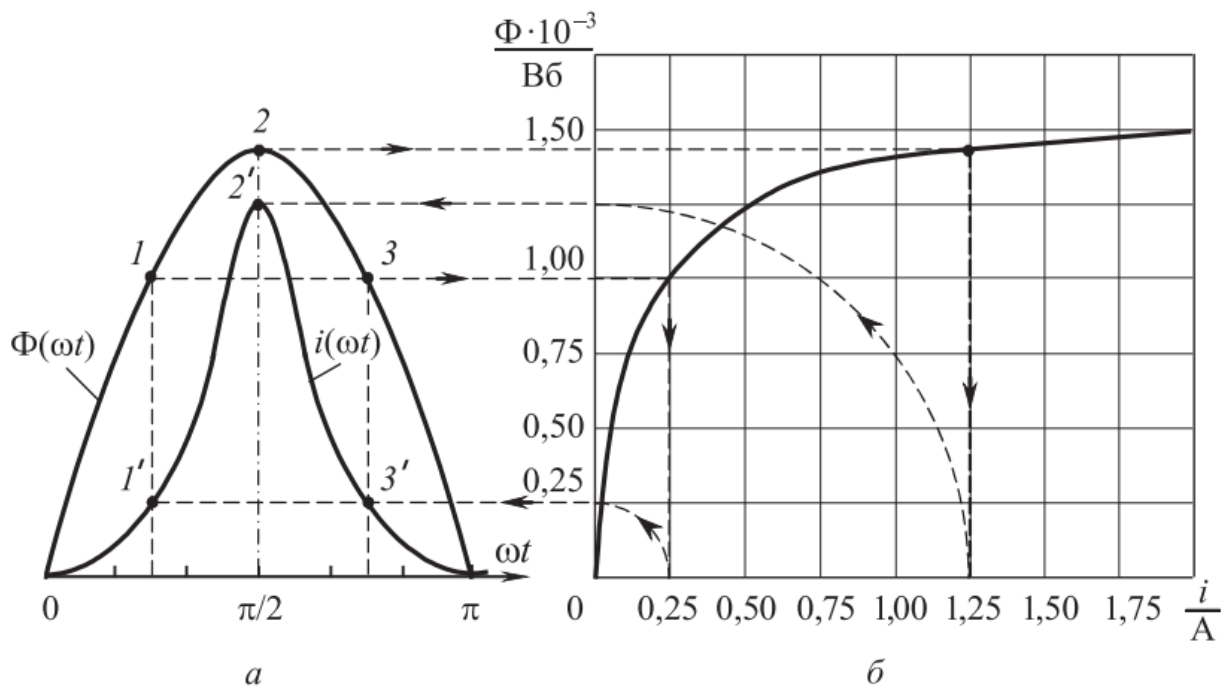


Рис. 7.2

Для построения диаграммы мгновенных значений тока $i(\omega t)$ строим зависимость $\Phi(i)$. С этой целью масштаб кривой намагничивания стали $B(H)$ (см. рис. 7.1) пересчитываем, используя формулы $i = lH/\omega$, $\Phi = SB$ (рис. 7.2, б).

Задаваясь значениями магнитного потока на кривой $\Phi(\omega t)$ (точки 1, 2, 3), с помощью зависимости $\Phi(i)$ находим соответствующие значения тока i и определяем точки 1', 2', 3' кривой $i(\omega t)$ (рис. 7.2, а, б).

Действующее значение несинусоидального тока определяем по приближенной формуле

$$I = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n i_k^2}, \quad (1)$$

где n – число частей, на которое разделен полупериод тока;

$$I = \sqrt{\frac{1}{6}(0,05^2 + 0,25^2 + 0,95^2 + 0,95^2 + 0,25^2 + 0,05^2)} = 0,57 \text{ А.}$$

Коэффициент амплитуды

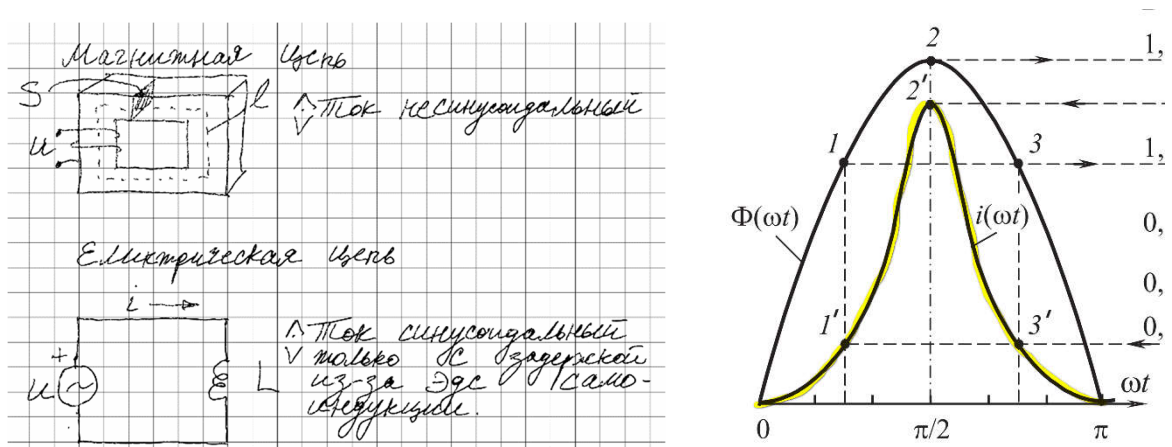
$$k_a = \frac{I_{\max}}{I} = \frac{1,25}{0,57} = 2,19.$$

Полное сопротивление катушки

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{127}{0,57} = 222,8 \text{ Ом.}$$

Вопросы к задаче 7.1

1. В начале решения, написано, что активное сопротивление отсутствует. Как повлияет активное сопротивление на данную цепь?
2. Как построить график для тока $i(\omega t)$ без какой-либо зависимости? Т.е. когда мы решили за магнитный поток, то мы получили синусоидальную зависимость, а именно $\Phi(t) = \Phi_m \cdot \sin(\omega t)$ которую легко можно построить, а как получить похожую зависимость для тока?
3. Почему график для тока несинусоидальный (обведен желтым цветом внизу на рисунке)? Насколько я представляю, у нас цепь состоит из катушки, к которой приложили переменный источник ЭДС. В случае, когда у нас электрическая цепь почему тогда напряжение опережает ток на четверть периода? Напряжение и ток оба синусоидальны, а в этой задаче ток несинусоидальный.



4. Откуда берется приближенная формула для тока? Почему именно эта формула берется? Как выбрать правильную приближенную формулу?

$$I = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n i_k^2}$$