

Законспектировать материал. Фотоотчёт (1 файл) прислать на эл. почту по расписанию  
**Обязательно! Прописывать предмет, фамилию в каждом фотоотчёте.**  
**01.11.24. (11:50 – 13.20)**

### Намагничивание ферромагнетиков.

Все вещества обладают определенными магнитными свойствами, обусловленными движением электронов в атомах. Материалы, обладающие большой магнитной проницаемостью, называются ферромагнетиками. Ферромагнитные материалы легко намагничиваются и усиливают внешнее магнитное поле.

Вещество, находящееся во внешнем магнитном поле, будет находиться в состоянии намагниченности, при этом в веществе возникает добавочное магнитное поле. Это поле существует благодаря вращению электронов по орбитам и вращению ядер и электронов вокруг собственных осей. То есть внутри вещества протекают элементарные (внутриатомные) токи. Иногда добавочное магнитное поле называют полем элементарных токов.

Магнитные свойства элементарного тока характеризуются магнитным моментом  $\tau$  (тау) (рис. 6.1, а), величина которого равна произведению элементарного тока  $i$  и элементарной площадки  $S$ , ограниченной контуром элементарного тока:

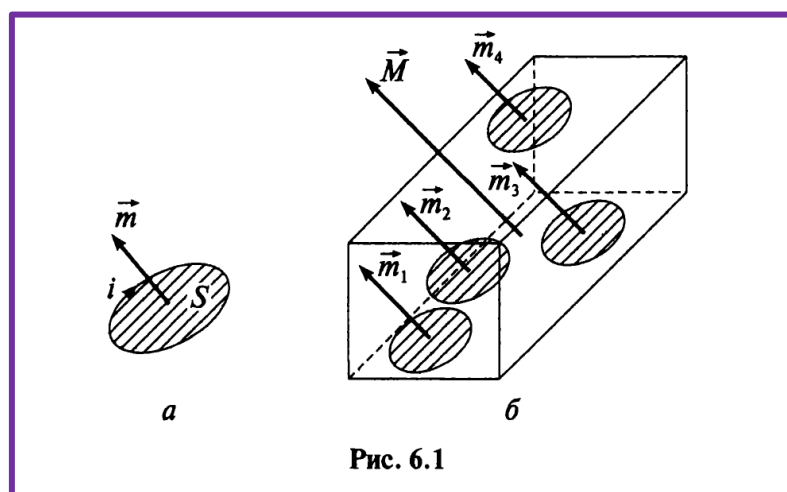


Рис. 6.1

Вектор  $\tau$  направлен перпендикулярно площадке  $S$  (по правилу буравчика). При отсутствии внешнего магнитного поля магнитные моменты элементарных токов направлены беспорядочно и компенсируют друг друга.

При этом общий магнитный момент вещества будет равен нулю  $M = 0$ , и магнитное поле элементарных токов не обнаруживается. Если ферромагнитное вещество внести во внешнее магнитное поле, то магнитные моменты элементарных токов будут направлены в одну сторону и соориентированы в направлении внешнего магнитного поля (рис. 6.1, б). В итоге результирующее магнитное поле усиливается, и ферромагнетик намагничивается.

А, например, у воды магнитное поле внутриатомных токов направлено против вызвавшего его внешнего магнитного поля, и результирующее поле слабое. Следовательно, результирующее магнитное поле в веществе складывается из двух полей: внешнего поля и поля элементарных токов.

## Расчёт магнитных цепей.

Расчет магнитных цепей обычно ведется с помощью закона полного тока. При этом решаются задачи двух типов: прямая и обратная.

Прямая задача (определение магнитодвижущей силы (МДС) по известному магнитному потоку) решается в следующем порядке.

1. По заданному магнитному потоку и площади поперечного сечения сердечника определяют магнитную индукцию

$$B = \frac{\Phi}{S}.$$

2. Определяют напряженность магнитного поля  $H$  в сердечнике по кривой намагничивания  $B = f(H)$  для данного материала.

3. Определяют МДС по закону полного тока

$$F = \sum I = Hl.$$

Для однородного магнитного поля

$$F = I = \frac{Hl}{w},$$

где  $w$  — число витков;

$l$  - длина магнитопровода, подсчитанная по средней магнитной линии.

Для неоднородного магнитного поля

$$F = I = \frac{H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n}{w}. \quad (6.1)$$

**Обратная задача** (нахождение магнитного потока по известной МДС) имеет следующий порядок.

1. Определяют напряженность магнитного поля в сердечнике по заданной магнитодвижущей силе (току)

$$H = \frac{Iw}{l}.$$

2. По кривой намагничивания  $B = f(H)$  для данного материала находят магнитную индукцию  $B$ .

3. Определяют магнитный поток при известной площади поперечного сечения сердечника

$$\Phi = BS.$$

Рассмотрим расчет неоднородной магнитной цепи на конкретном примере.

Сердечник 1 электромагнита (рис. 6.5) выполнен из электротехнической стали. Чугунная пластинка 2, замыкает его концы. Магнитный поток в цепи электромагнита  $\Phi = 2,0 \cdot 10^{-3}$  Вб. На концах электромагнита намотаны две катушки с одинаковым числом витков  $w_1 = w_2 = w = 400$ , соединенные последовательно. Найти величину тока, протекающего по катушкам.

Разделим всю магнитную цепь электромагнита на три участка, как показано на рис. 6.5: первый участок — сердечник из электротехнической стали, второй — пластина из чугуна, а третий — воздушный зазор. Проведем среднюю магнитную линию и вычислим ее длину для каждого участка. Размеры магнитопровода (мм) указаны на рис. 6.5:

$$l_1 = 350 + 250 + 350 = 950 \text{ мм} = 0,95 \text{ м};$$

$$l_2 = 40 + 250 + 40 = 330 \text{ мм} = 0,33 \text{ м};$$

$$l_3 = 1 + 1 = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}.$$

По заданным габаритам магнитопровода (см. рис. 6.5) определим площадь поперечного сечения для трех участков:

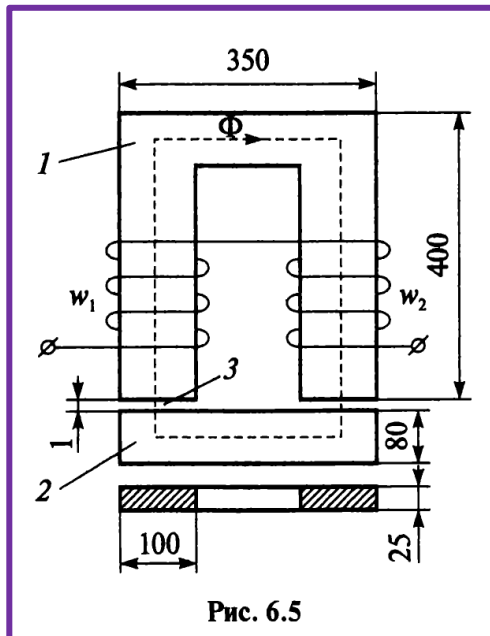


Рис. 6.5

$$S_1 = 25 \cdot 100 = 2500 \text{ мм}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$S_2 = 80 \cdot 25 = 2000 \text{ мм}^2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$S_3 = 25 \cdot 100 = 2500 \text{ мм}^2 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Для расчета данной цепи решаем прямую задачу.

1. По известному магнитному потоку и площади поперечного сечения определим магнитную индукцию  $B$  на каждом участке:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \text{ Тл};$$

$$B_2 = \frac{\Phi}{S_2} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{2,0 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ Тл};$$

$$B_3 = \frac{\Phi}{S_3} = \frac{2,0 \cdot 10^{-3}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \text{ Тл}.$$

2. По кривой намагничивания  $B(H)$  для стали и чугуна определим напряженность для первого и второго участков:

$$H_1 = 300 \frac{\text{А}}{\text{м}};$$

$$H_2 = 12,5 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

Напряженность в воздушном зазоре определим по формуле

$$H_3 = \frac{B_3}{\mu_0} = \frac{0,8}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 637 \cdot 10^3 \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

3. Определим ток, используя выражение (6.1) для неоднородного магнитного поля:

$$I = \frac{H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_3 l_3}{w_1 + w_2} =$$
$$= \frac{300 \cdot 0,95 + 12,5 \cdot 10^3 \cdot 0,33 + 637 \cdot 10^3 \cdot 0,002}{400 + 400} = 7,11 \text{ А.}$$