

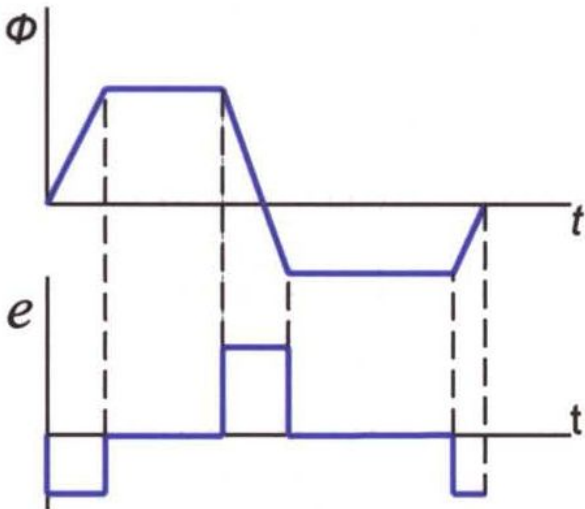
МАГНИТНАЯ ЦЕПЬ

Закон электромагнитной индукции

ЭДС, индуцируемая в проводнике при изменении магнитного потока, равна скорости изменения этого потока

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}$$

- Знак $-$ говорит о том, что ЭДС стремится ослабить причину, ее вызывающую

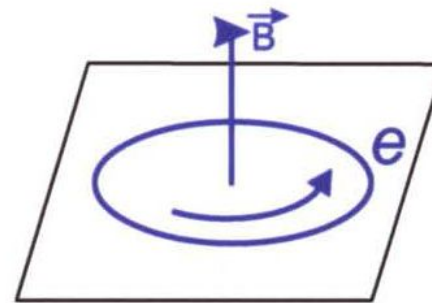


Зависимость ЭДС от изменения магнитного потока

ЭДС, наводимая в обмотке переменным магнитным полем

$$e = - \omega \frac{d\psi}{dt} = - \omega \frac{d\Phi}{dt}, \text{ где}$$

- ω - число витков обмотки,
- ψ - потокосцепление



Положительное направление наведенной ЭДС определяется по правилу **правоходового винта**.

ЭДС самоиндукции ЭДС, наводимая в контуре при изменении тока в этом же контуре $\Psi = Li$, где L индуктивность

$$e_L = - \frac{d\Psi}{dt} = - L \frac{dI}{dt}$$

Закон электромагнитной индукции

Постоянное магнитное поле может наводить в проводнике ЭДС при движении проводника относительно магнитного поля.

Величина ЭДС

$$e = BlV, \text{ где}$$

B - магнитная индукция поля,

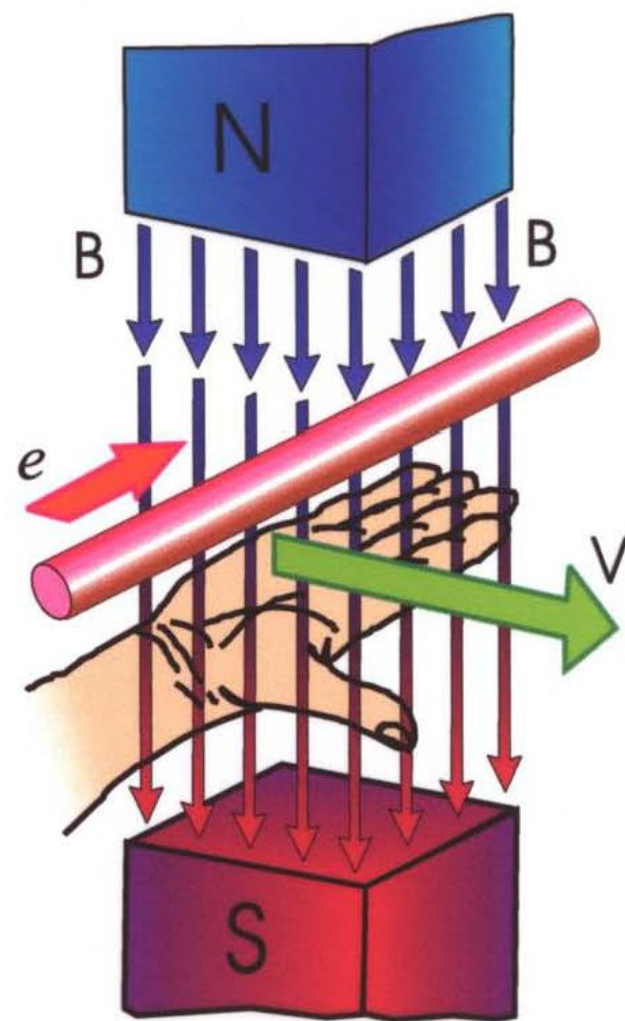
l - активная длина

проводника,

V - скорость перемещения

проводника.

Направление ЭДС

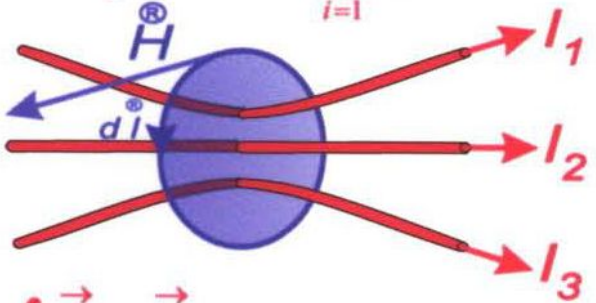


Правило правой руки.

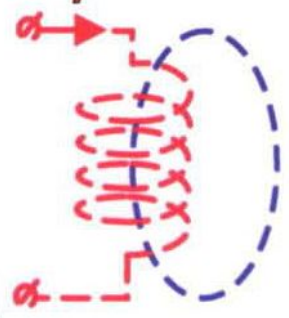
Закон полного тока

Интервал от вектора напряженности магнитного поля вдоль любого замкнутого контура равен алгебраической сумме токов, охваченных этим контуром.

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \sum_{i=1}^n I_i$$

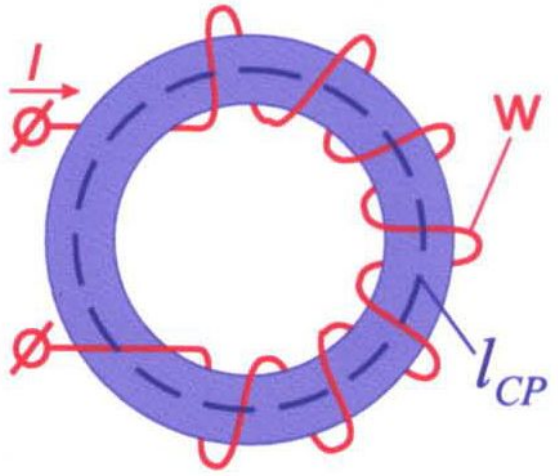


$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I_1 + I_2 - I_3$$



Для обмотки

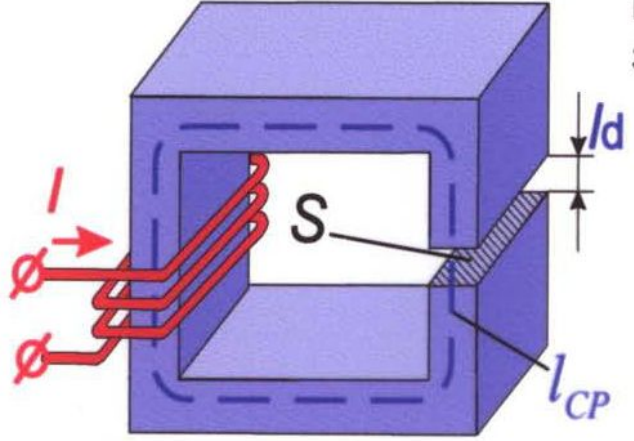
$$\oint \vec{H} d\vec{l} = I\omega$$



Для однородной магнитной цепи

$$Hl_{CP} = I\omega,$$

где l_{CP} - длина средней силовой линии
где $I\omega$ - магнитодвижущая сила (МДС)



Для неоднородной магнитной цепи с воздушным зазором

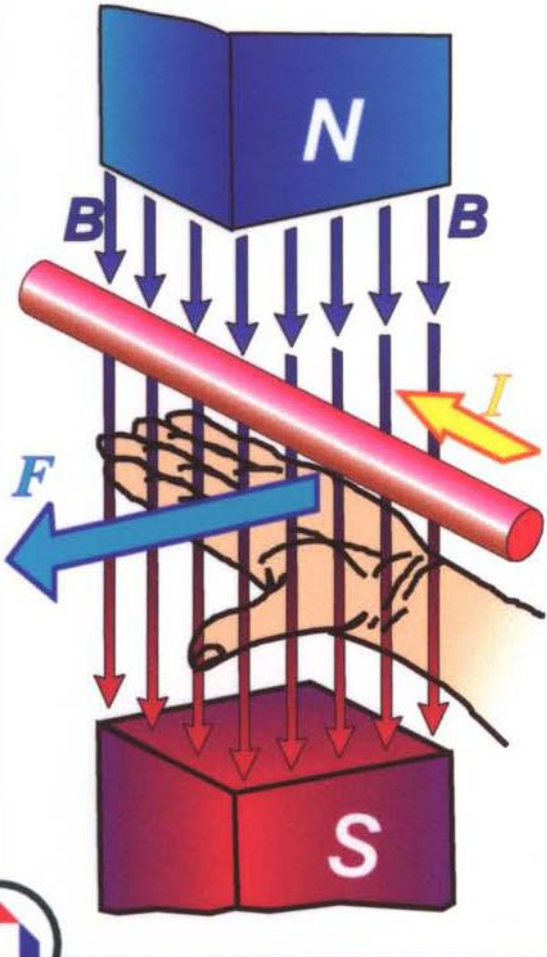
$$I\omega = Hl + H_d d$$

где H - напряженность магнитного поля в сердечнике,
 $H_d d$ - напряженность магнитного поля в зазоре

Механические силы в магнитном поле

В магнитном поле на проводники с током, на заряженные частицы, на ферромагнитные тела действуют механические силы.

На проводнике с током действуют механические силы F , направление которых зависит от направления тока.



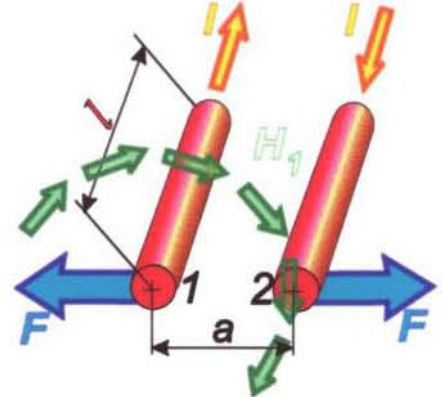
Направление силы определяется правилом левой руки.

Величина силы

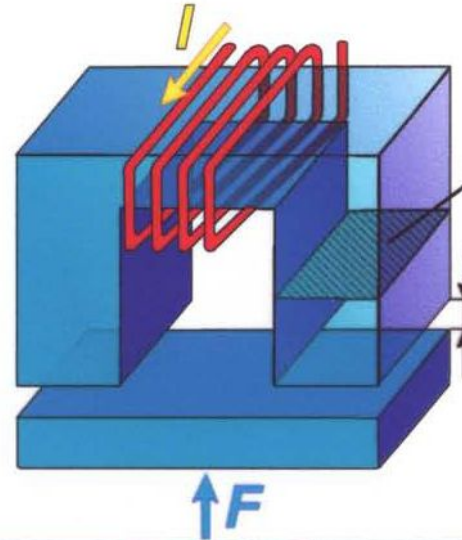
$$F = BIL$$

где l - активная длина проводника, I - ток в проводнике, B - магнитная индукция поля.

Два параллельных проводника с током



Подъемная сила электромагнита

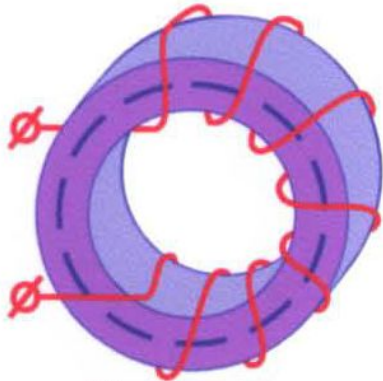


$$F = \frac{B^2}{2\mu_0} S$$

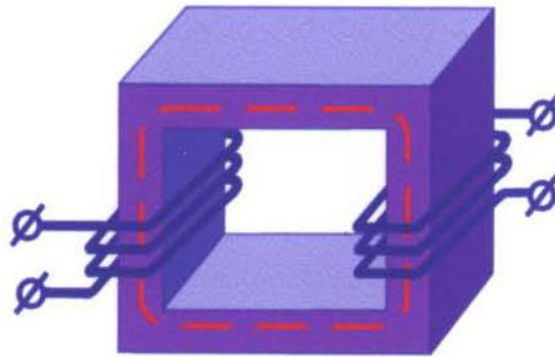
где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
 S - полное сечение воздушного зазора [м²],
 B - магнитная индукция поля [Т]

Примеры магнитных цепей

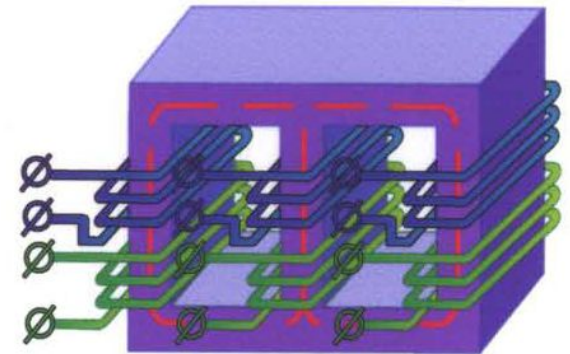
Однородная магнитная цепь



Катушка с тороидальным сердечником

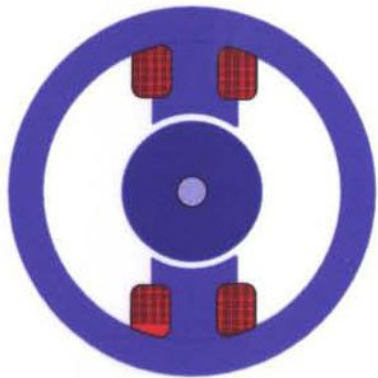


Однофазный трансформатор

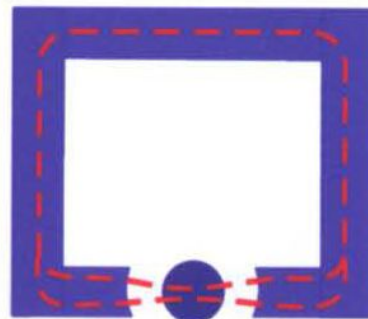


Трехфазный трансформатор

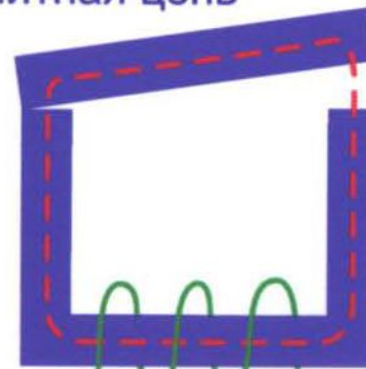
Неоднородная магнитная цепь



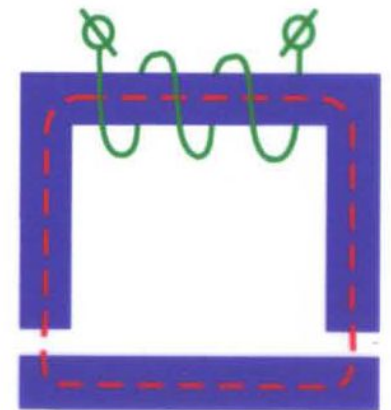
Машина постоянного тока



Магнитоэлектрический измерительный механизм

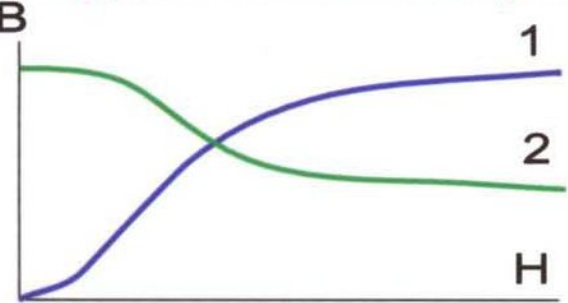


Электромагнитное реле

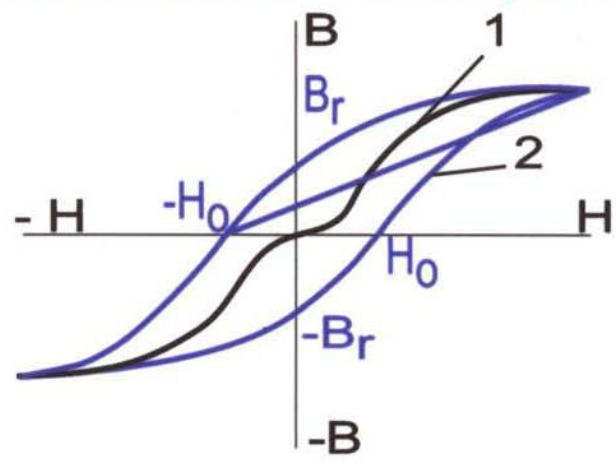


Подъемный электромагнит

Сердечники электрических машин и аппаратов



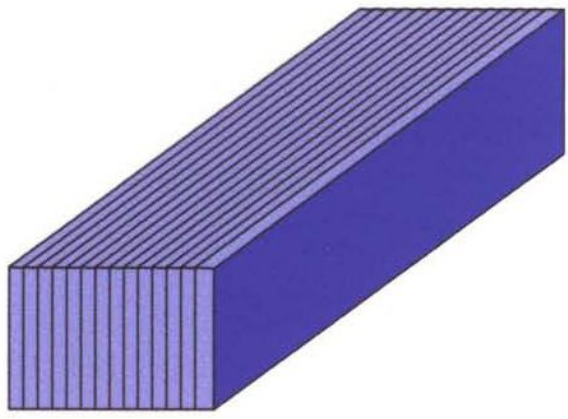
- 1- кривая намагничивания
- 2- зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля



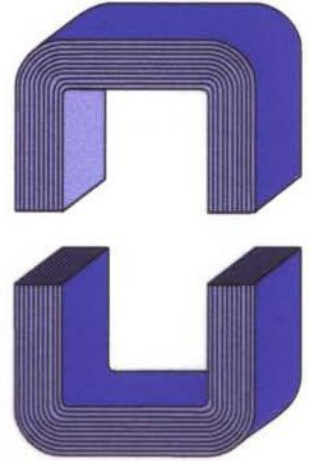
- 1 - основная кривая намагничивания;
- 2 - петля гистерезиса.
- B_r - остаточная магнитная индукция
- H_0 - коэрцитивная сила



- 1- петля гистерезиса магнитомягкого материала
- 2- петля гистерезиса магнитотвердого материала



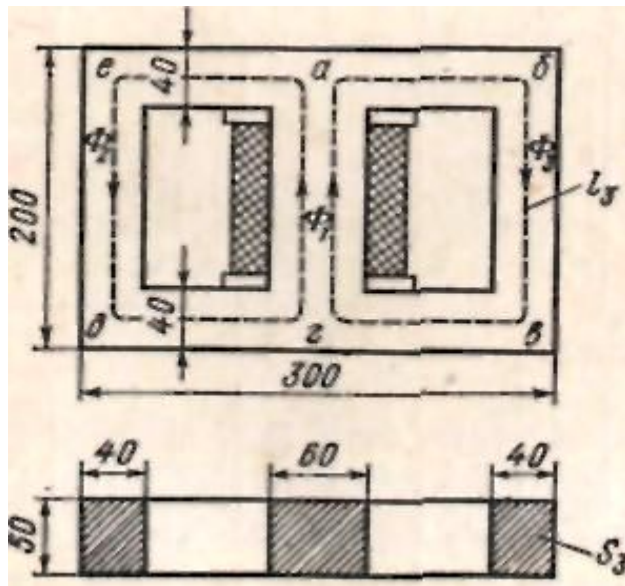
Шихтованный магнитопровод из листовой стали



Шихтованный магнитопровод из ленточной стали

Расчет магнитных цепей

1. Задаются необходимой величиной магнитного потока.
2. Разбивают магнитную цепь на участки, имеющие одинаковое поперечное сечение и однородный материал.
3. Для каждого участка определяют величину магнитной индукции.
4. По кривой намагничивания для данного материала находят для каждого значения магнитной индукции величину – напряженность магнитного поля.
5. Для каждого участка определяют величину необходимой намагничивающей силы (по закону полного тока).



Катушка, имеющая число витков, равное – W , расположена на среднем стержне магнитопровода, изготовленного из стали определённой марки. Определить ток в катушке, если в крайнем стержне магнитный поток $\Phi_2 = \Phi_3$. Рассеивание потока не учитывать. Данные взять из рис. 3, таблица № 3 согласно варианту.

Решение.

1. В данной симметричной цепи можно наметить два одинаковых в магнитном отношении контура: $a-b-в-г-a$ и $a-e-д-з-a$.
2. В каждом из них по два участка:
 $l_1 = 16$ см; $S_1 = 6 \cdot 5 = 30$ см²; $l_2 = l_3 = 42$ см; $S_2 = S_3 = 4 \cdot 5 = 20$ см².
3. Рассматривая один из контуров, решим задачу в порядке, принятом для разветвленной цепи:

$$B_2 = \frac{\Phi_2}{S_2} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-4}} = 1,0 \text{ Тл.}$$

4. Магнитный поток в среднем стержне в два раза больше, чем в крайних:

$$B_1 = \frac{\Phi_1}{S_1} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-4}} = 1,33 \text{ Тл.}$$

5. По кривым намагничивания стали 1511 (см. приложение) находим: $H_2 = 3,0$ А/см; $H_1 = 8$ А/см.

6. По закону полного тока,

$$F_{\text{мдс}} = I \cdot W = H_1 l_1 + H_2 l_2 = 8 \cdot 16 + 3 \cdot 42 = 254 \text{ А.}$$

7. Ток в катушке

$$I = F_{\text{мдс}} / W = 254 / 500 = 0,51 \text{ А.}$$

Ответ: $I = 0,51$ А.

Дано:

$W = 500$ витков;

$\Phi_2 = \Phi_3 = 2 \cdot 10^{-3}$ Вб;

$l_1 = 16$ см;

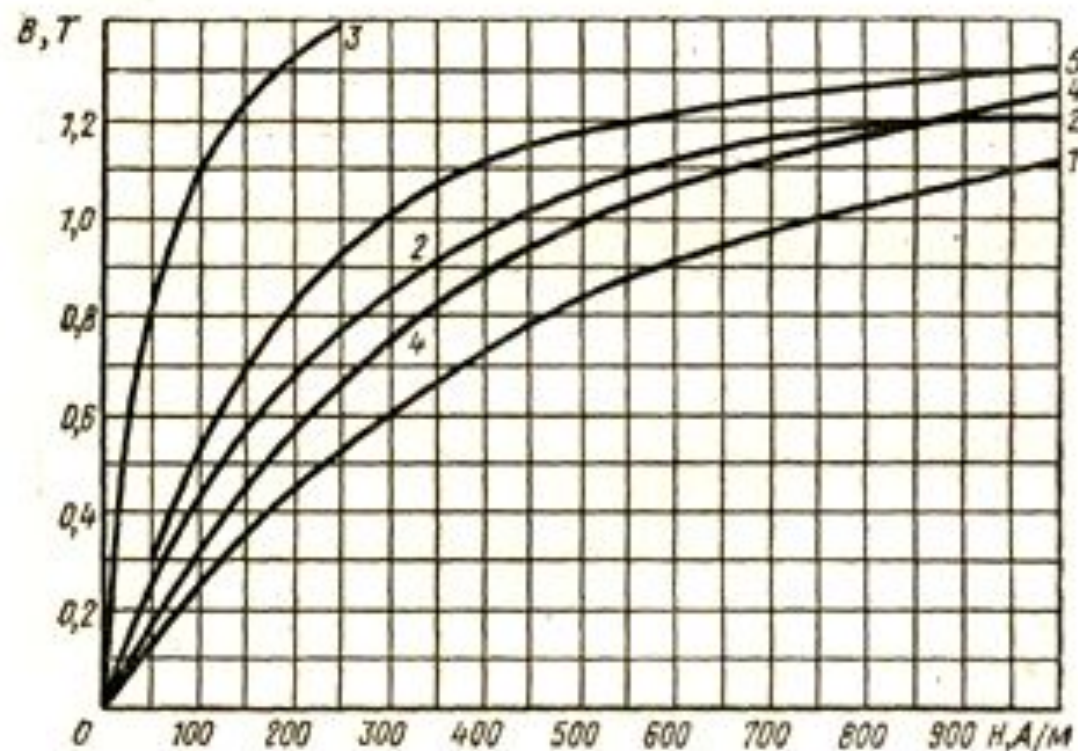
$l_2 = l_3 = 42$ см;

$a = 4$ см;

$b = 5$ см;

$c = 6$ см.

Определить: I



Кривая намагничивания

1. Литая сталь
2. Листовая электротехническая сталь Э42 (горячекатаная)
3. Листовая электротехническая сталь Э310 (холоднокатаная)
4. Листовая электротехническая сталь Э12 (горячекатаная)
5. Листовая электротехническая сталь Э31 (горячекатаная)