

63 Расчёт неразветвлённых магнитных цепей

6.5. Расчет неразветвленных магнитных цепей

Электрические и магнитные цепи подчиняются законам Кирхгофа. Аналогом тока в электрической цепи является магнитный поток в магнитной цепи, аналогом ЭДС – МДС, аналогом вольт-амперной характеристики – вебер-амперная характеристика.

Различают два типа задач по расчету неразветвленных магнитных цепей: определение МДС по заданному магнитному потоку и определение магнитного потока по заданной МДС.

Рассмотрим первый тип задачи на примере магнитной цепи (рис. 6.4).

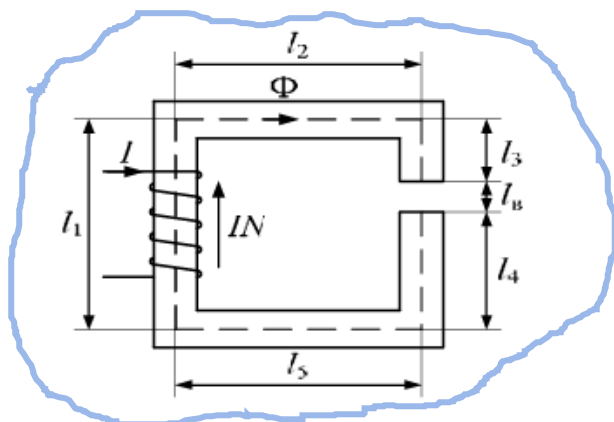


Рис. 6.4. Расчетная схема неразветвленной магнитной цепи:

l_1 – l_5 – длины средней линии участков магнитопровода;

$l_{\text{в}}$ – длина воздушного зазора

Обычно заданы конфигурация и геометрические размеры магнитопровода (длина участков и площадь сечений), кривые намагничивания ферромагнитных материалов и магнитный поток или магнитная индукция в каком-либо сечении. Требуется определить МДС либо входящие в МДС ток или число витков.

Исходя из постоянства магнитного потока вдоль всей цепи по заданному магнитному потоку и сечениям находят значения магнитной индукции на каждом участке:

$$B_k = \Phi / S_k,$$

т. е. $B_1 = \Phi / S_1$; $B_2 = \Phi / S_2$; $B_3 = \Phi / S_3 = B_v = B_4$; $B_5 = \Phi / S_5$.

По кривым намагничивания определяют напряженность магнитного поля H_k для участков из ферромагнитного материала. Напряженность поля в воздушном зазоре H_v рассчитывают по формуле (6.7). $\approx 0,8 \cdot 10^{-6} \cdot B, \text{ А/м},$

Искомую МДС определяют по второму закону Кирхгофа для контура вдоль средней линии магнитопровода:

$$IN = \sum H_k l_k,$$

или

$$IN = H_1 l_1 + H_2 l_2 + H_v l_v + H_4 l_4 + H_5 l_5.$$

Второй тип задачи – определение магнитного потока по заданной МДС – принципиально сводится к многократному повторению расчетов по алгоритму первого типа задачи, построению зависимости $\Phi(IN)$ и нахождению рабочей точки. Для этого задают значения магнитного потока Φ и находят соответствующие значения IN , как в предыдущей задаче, и строят зависимость $\Phi(IN)$. По заданной МДС определяют магнитный поток.

Решение задач первого и второго типа значительно упрощается при рассмотрении неразветвленной однородной магнитной цепи. Однородная магнитная цепь содержит замкнутый ферромагнитный сердечник, имеющий по всей длине одинаковые поперечное сечение и материал.

При заданном значении магнитного потока Φ и известной площади S поперечного сечения находят магнитную индукцию:

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

По кривой намагничивания ферромагнитного материала $B(H)$ определяют напряженность H .

По второму закону Кирхгофа для магнитной цепи находят МДС:

$$IN = Hl,$$

где l – длина магнитопровода, подсчитанная по средней линии.

При решении задач второго типа, когда задана МДС, согласно второму закону Кирхгофа находят напряженность

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

По кривой намагничивания ферромагнитного материала $B(H)$ определяют магнитную индукцию B .

Магнитный поток находят из выражения

$$\Phi = BS.$$

Пример 6.2. В сердечнике (рис. 6.1, а) в воздушном зазоре должна быть магнитная индукция $B = 1$ Тл. Площадь сечения сердечника $S = 25 \text{ см}^2$, длина средней линии сердечника $l_{\text{ср}} = 0,5$ м, длина воздушного зазора $l_{\text{в}} = 0,5$ мм. Материал сердечника – литая сталь (кривые намагничивания приведены на рисунке 5.12). Определить ток в обмотке, имеющей 500 витков. Поток рассеяния $\Phi_{\text{р}}$ пренебречь.

Решение. Согласно второму закону Кирхгофа для магнитной цепи, МДС катушки

$$IN = H_{\text{ст}} l_{\text{ср}} + H_{\text{в}} l_{\text{в}},$$

где $H_{\text{ст}}$ – напряженность магнитного поля в стальном сердечнике;

$H_{\text{в}}$ – напряженность магнитного поля в воздушном зазоре.

В неразветвленной магнитной цепи во всех участках проходит один и тот же магнитный поток Φ , площадь сечения воздушного зазора $S_{\text{в}}$ и площадь сечения стального сердечника принимаем равными: $S_{\text{в}} = S_{\text{ст}} = S$.

Следовательно, магнитная индукция во всех сечениях магнитопровода одинаковая: $B_{\text{в}} = B_{\text{ст}} = B = 1$ Тл.

Напряженность в стальном сердечнике находим по кривой намагничивания литой стали (см. рис. 5.12):

$$H_{\text{ст}} = 750 \text{ А/м.}$$

Напряженность в воздушном зазоре находим по уравнению (6.7):

$$H_{\text{в}} = \frac{B}{\mu_0} = 0,8 \cdot 10^6 \cdot B = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1 = 0,8 \cdot 10^6 \text{ А/м.}$$

Подставляем найденные значения напряженностей в уравнение второго закона Кирхгофа и находим МДС катушки:

$$IN = 750 \cdot 0,5 + 0,8 \cdot 10^6 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 375 + 4000 = 4375 \text{ А.}$$

Ток в катушке

$$I = \frac{IN}{N} = \frac{4375}{500} = 8,75 \text{ А.}$$