

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

По обмоткам, намотанным на магнитопровод, выполненный в виде тороида вращения, с числом витков w_1 и w_2 пропускаются, соответственно, токи I_1 и I_2 (рис.8). Магнитопровод имеет воздушные зазоры длиной Δ_1 .

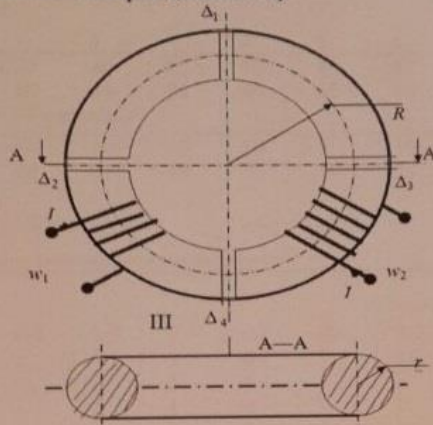


Рис.8

Требуется рассчитать магнитный поток Φ в магнитопроводе, магнитную индукцию B , а также напряженности магнитного поля, соответственно, в ферромагнитном участке магнитопровода – H_1 и в воздушных зазорах – H_{Δ} .

Необходимые данные приведены в табл.4. Кривые намагничивания используемых материалов представлены в виде графиков (рис.9).

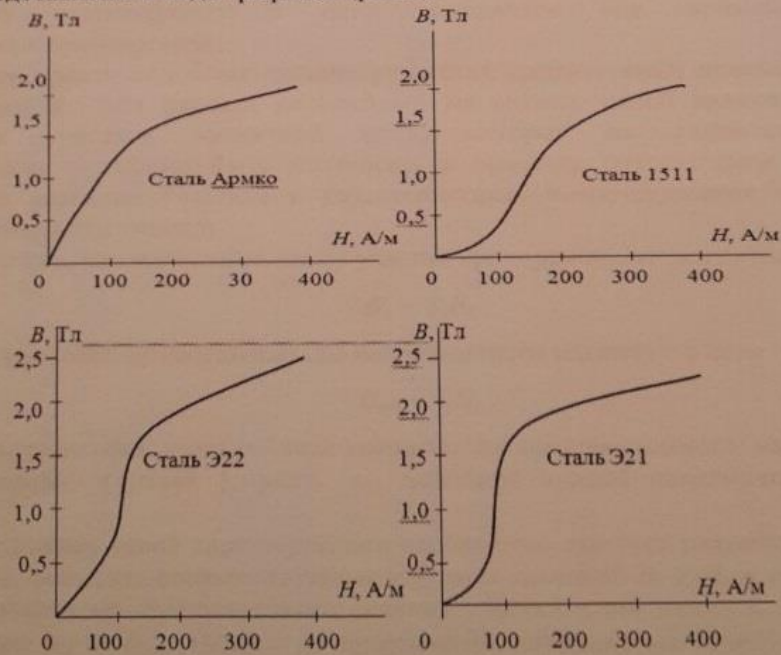


Рис.9

Номер варианта по списку		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Число витков w1	обмоток	25	40	65	70	80	85	90	95	60	50
w2		50	60	95	90	85	80	70	65	40	60
Число витков w1 и w2 выбирается по варианту											
I1, А		15	10	15	10	5	10	5	2	5	10
I2, А		10	15	20	15	10	15	10	12	15	25
Магнитопровод материал	изотропный	-Армо-			-Ст.1511-			-Ст. Э22-		-Ст. Э21-	
Значения токов I1 и I2, марка стали выбираются по варианту											
Геометрические размеры:											
R, м		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,6
r, см		5	6	7	8	9	10	11	10	9	8
Δ1		1	2	3	4	-	2	1	2	3	1
Δi · 10 ⁻⁴ , м	Δ2	-	1	1	4	-	2	3	-	-	1
	Δ3	-	-	1	1	1	2	-	-	-	-
	Δ4	2	2	-	1	1	-	1	2	3	1
Значения R, r, Δi, R4 выбираются по варианту											

Методические указания

Предложенная для решения задача является обратной задачей расчета ферромагнитных цепей, так как по заданной МДС требуется определить магнитный поток. Для аналитического решения она требует или аналитического выражения характеристик намагничивания используемых в цепи материалов или применения метода последовательных приближений.

Наиболее просто подобные задачи решаются графическими приемами. При этом исходными данными для расчета нелинейных магнитных цепей являются магнитные характеристики участков магнитной цепи, которые не являются заданными характеристиками, а должны быть построены в процессе расчета цепи по заданным геометрическим размерам участков и характеристикам намагничивания материалов, из которых выполнены эти участки

В связи с тем, что магнитный поток участка пропорционален магнитной индукции:

$$\Phi_k = S_k B_k,$$

а магнитное напряжение пропорционально напряженности магнитного поля

$$U_{Mk} = l_k H_k,$$

магнитная характеристика участка, выполненного из ферромагнитного материала, будет изображаться кривой (кривая 1, рис.6, а), подобной кривой намагничивания данного материала.

Для построения такой характеристики необходимо задаться рядом точек на кривой намагничивания, выписать соответствующие им пары значений B_k и H_k и по приведенным формулам, зная площадь S_k поперечного сечения участка и его длину l_k , рассчитать ряд парных значений Φ_k и U_{Mk} . Нанося по полученным координатам точки на плоскость с системой осей Φ_k и U_{Mk} , нетрудно провести по ним искомую магнитную характеристику $\Phi_k = f(U_{Mk})$.

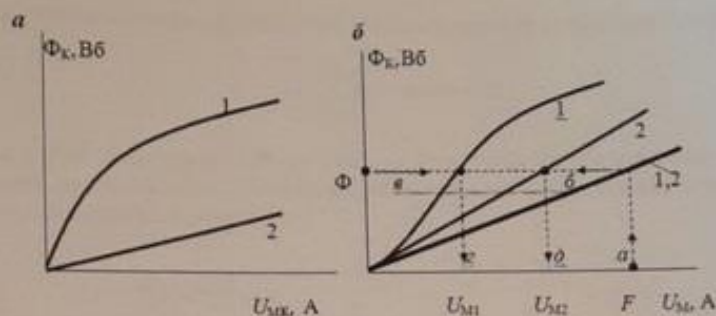


Рис.10

Заметим, что магнитная характеристика участка, выполненного из материала с постоянной магнитной проницаемостью μ_k , представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат (линия 2, рис.10, а). Построение ее можно осуществить по одной точке, координаты которой должны быть связаны между собой уравнением:

$$\Phi_k = S_k B_k = S_k \mu_k H_k = \frac{S_k \mu_k}{l_k} U_{ма}.$$

В частном случае, когда таким участком является немагнитный, например, воздушный зазор, магнитная проницаемость участка принимается равной магнитной постоянной $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м ($\mu_k = \mu_0$).

Задача о неразветвленной цепи с несколькими участками, когда по заданным токам I_1 и I_2 в обмотках с w_1 и w_2 требуется найти магнитный поток цепи, решается путем построения на одном графике и в одном масштабе магнитных характеристик всех участков цепи с последующим их сложением в направлении оси магнитных напряжений. В соответствии с равенством

$$F = F_1 + F_2 = w_1 I_1 + w_2 I_2 = \sum_{k=1}^N U_{ма},$$

справедливым для такой цепи, полученная суммарная кривая будет представлять зависимость $\Phi = f(F)$ магнитного потока цепи от магнитодвижущей силы (МДС) обмотки (рис.10, б кривая 1, 2).

Пользуясь кривой 1,2, вычислив предварительно МДС обмотки при заданных токах

$$F = F_1 + F_2 = w_1 I_1 + w_2 I_2,$$

можно определить искомый поток цепи, а при необходимости и магнитные напряжения на отдельных участках.

На рис.6, б описанные построения выполнены для примера магнитной цепи, представленной на рис. 4 и состоящей из двух участков, один из которых является воздушным зазором. По результирующей характеристике, показанной на рис.10, б толстой линией 1, 2, операцией а-б находят магнитный поток в цепи, а с помощью операций в-г и в-д по магнитным характеристикам 1 и 2 отдельных участков определяют магнитные напряжения U_1 и U_2 на участках цепи.

Алгоритм решения задачи

1. Используя кривую намагничивания рекомендуемого для соответствующего варианта материала магнитопровода, строят магнитную характеристику участка 1 длиной

$\left(l - \sum_{i=1}^{i=n} \Delta_i \right)$, представляющую собой зависимость $\Phi_1 = f(U_{M1})$, где $\Phi_1 = S_1 B_1$,

$$U_{M1} = \left(l - \sum_{i=1}^{i=n} \Delta_i \right) H_1, \quad S_1 = \pi r^2.$$

Для этого задаются рядом точек на кривой намагничивания.

2. Аналогичным образом строится магнитная характеристика воздушного зазора:

$$\Delta = \sum_{i=1}^{i=4} \Delta_i \text{ (участок 2),}$$

представляющая собой зависимость $\Phi_2 = f(U_{M2})$. Учитывая то обстоятельство, что $\mu_2 = \mu_0$, построение прямой линии осуществляется по двум точкам: точке начала координат и точке, координаты которой связаны уравнением:

$$\Phi_2 = S_2 B_2 = \frac{S_2 \mu_0}{\Delta} U_{M2} = \frac{\pi r^2 \mu_0}{\Delta} U_{M2},$$

где $S_2 = S_1$.

3. Строится суммарная магнитная характеристика цепи:

$$\Phi = f(F) = \left(\sum_{k=1}^{k=2} U_{Mk} \right).$$

Для ее построения на одном графике и в одном масштабе наносятся магнитные характеристики $\Phi_1 = f(U_{M1})$ и $\Phi_2 = f(U_{M2})$. Сложение осуществляется в направлении оси магнитных напряжений (рис.10, б), так как участки соединены последовательно.

4. По заданным токам I_1, I_2 , числам витков w_1, w_2 определяется суммарная МДС обмоток:

$$F = F_1 + F_2 = w_1 I_1 + w_2 I_2.$$

5. Используя суммарную магнитную характеристику 1,2 магнитопровода, определяют магнитный поток Φ .

6. Рассчитывают магнитную индукцию в магнитопроводе:

$$B = \Phi / S_1.$$

7. По магнитным характеристикам 1 и 2 определяют: U_{M1} и U_{M2} , а также напряженности магнитного поля соответствующих участков, А/м:

$$H_1 = \frac{U_{M1}}{l - \Delta}, \quad H_2 = \frac{U_{M2}}{\Delta},$$

где $l = 2\pi R \cdot \Delta$; $\Delta = \sum_{i=1}^{i=4} \Delta_i$.