

Лабораторно-практическое занятие № 8
**МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ С ПЕРЕМЕННОЙ
МАГНИТОДВИЖУЩЕЙ СИЛОЙ (МДС)**

Типовые задачи

Задача 8.1. Распределить полные и удельные потери в стали магнитной цепи для динамической петли гистерезиса, полученной на частоте 400 Гц, основываясь на данных таблицы 8.1. Объем стали магнитопровода $V_{ст}=5 \times 10^2 \text{ см}^3$. Площадь 30 см^2 , масштабы по осям соответственно равны $m_H=40(\text{А/м})/\text{см}$, $m_B=0,2 \text{ Тл/см}$.

Решение

Потери энергии за один цикл за один цикл перемагничивания сердечника можно найти как:

$$A = V_{ст} \Phi H_c dB = V_{ст} m_H m_B S,$$

где $V_{ст}$ - объем сердечника; S - площадь петли гистерезиса; m_H , m_B - масштабы по осям координат, в которых построены петли.

$$A = 5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 10^2 \cdot 0,2 \cdot 10^2 \cdot 30 \cdot 10^{-4} = 0,12 \text{ Дж.}$$

Мощность потерь в стали при перемагничивании с частотой $f = 400 \text{ Гц}$ определяется

$$P_{ст} = A \cdot f = 0,12 \cdot 400 = 48 \text{ Вт}$$

Удельные потери и удельная намагничивающая мощность находятся как:

$$P_{уд} = \frac{P_{ст}}{G} = \frac{P_{ст}}{V_{ст} \cdot \gamma} = \frac{48}{5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 12,308 \text{ Вт/кг,}$$

где $\gamma=7800 \text{ кг/м}^3$ - плотность стали.

Задача 8.2. Показания приборов: $P=50 \text{ Вт}$, $U=127 \text{ В}$, $I=0,5 \text{ А}$. Определить, исходя из данных таблицы 8.2, параметры параллельной (рис. 8.1) и последовательной (рис. 8.2) схем замещения, если полем рассеяния и собственным сопротивлением проводов катушки можно пренебречь. Построить векторную диаграмму катушки.

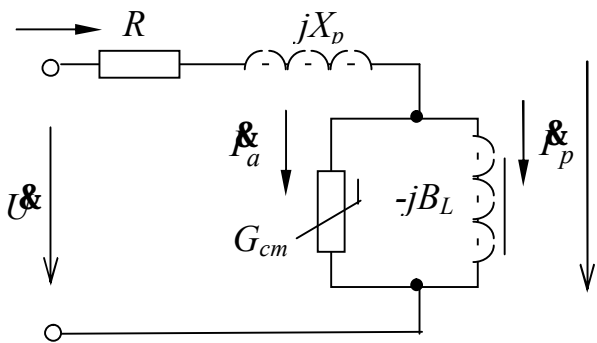


Рис. 8.1

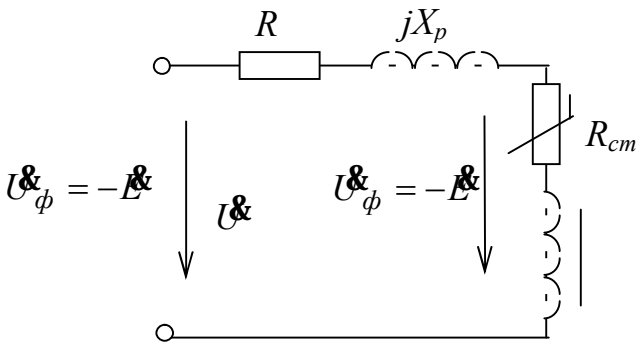


Рис. 8.2

Решение

Приведем схемы замещения катушки.

В обеих схемах есть элементы R и X_p , которыми по условиям задачи можно пренебречь, т.е. принять равными нулю.

Для последовательной цепи реальные потери в сердечнике замещены эквивалентными потерями в активном сопротивлении R_0

$$R_0 = \frac{P_{\text{ст}}}{I^2} = \frac{50}{0,5^2} = 200 \text{ Ом},$$

Модуль комплексного сопротивления катушки определится

$$Z_0 = \frac{U}{I} = \frac{127}{0,5} = 254 \text{ Ом},$$

Определяем реактивное сопротивление катушки X_0

$$X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{254^2 - 200^2} = 156,58 \text{ Ом}.$$

Активной составляющей напряжения соответствует падение напряжения на активном сопротивлении R_0

$$U_a = R_0 \cdot I = 200 \cdot 0,5 = 100 \text{ В}.$$

Реактивная составляющая напряжения на катушке равна падению напряжения на сопротивлении X_0

$$U_p = X_0 \cdot I = 156,58 \cdot 0,5 = 78,29 \text{ В}.$$

Угол между током и напряжением в катушке

$$\varphi = \arctg\left(\frac{X_0}{R_0}\right) = \arctg\left(\frac{156,58}{200}\right) = 38^\circ$$

В этом случае векторная диаграмма будет выглядеть следующим образом (рис. 8.3):

Здесь δ - угол потерь – угол между вектором магнитного потока и вектором тока

$$\delta = 90^\circ - \varphi = 90 - 38 = 52^\circ.$$

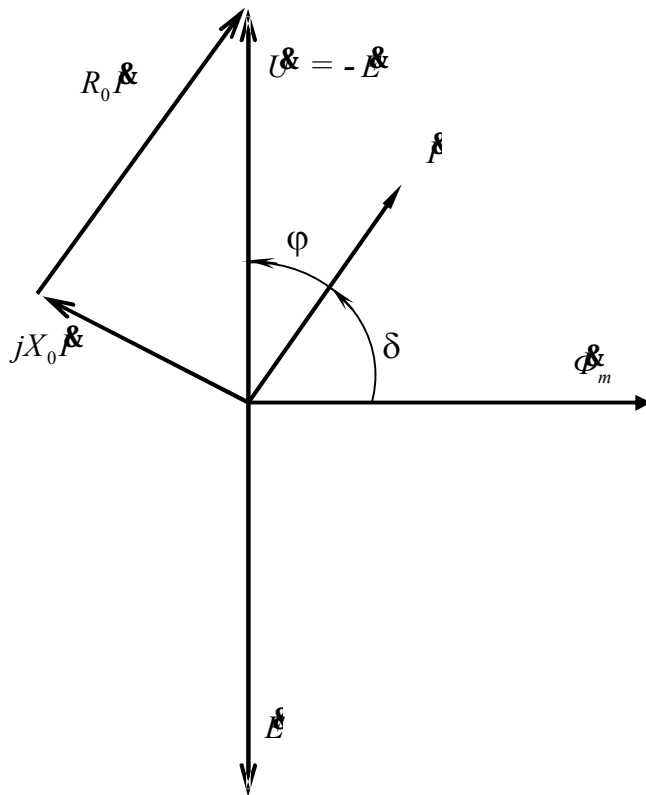


Рис. 8.3

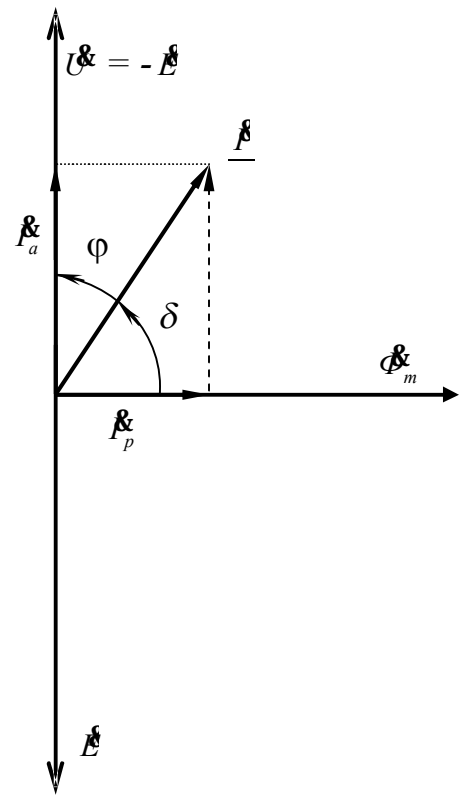


Рис. 8.4

Параметры параллельной схемы замещения можно пересчитать исходя из определенных параметров для последовательной схемы:

$$G_0 = \frac{R_0}{R_0^2 + X_0^2} = \frac{R_0}{Z_0^2} = \frac{200}{254^2} = 0,0031 \text{ См.}$$

$$B_0 = \frac{X_0}{R_0^2 + X_0^2} = \frac{X_0}{Z_0^2} = \frac{156,58}{254^2} = 0,00243 \text{ См.}$$

Активная составляющая тока I_a

$$I_a = G_0 \cdot U = 0,0031 \cdot 127 = 0,394 \text{ А.}$$

Реактивная составляющая тока I_p

$$I_p = B_0 \cdot U = 0,00243 \cdot 127 = 0,308 \text{ А.}$$

Угол потерь

$$\delta = \arctg(I_a/I_p) = \arctg(0,394 / 0,308) = 52^\circ.$$

Для параллельной схемы замещения векторная диаграмма представлена на рис. 8.4.

Задача 8.3. Катушка дросселя подключается к синусоидальному напряжению через амперметр, вольтметр и ваттметр, при этом показания приборов: амперметр $-I_1 = 8\text{ А}$, вольтметр $-U_1 = 120\text{ В}$, ваттметр $-P_1 = 120\text{ Вт}$.

После удаления ферромагнитного сердечника показания изменились: амперметр $-I_2 = 14\text{ А}$, вольтметр $-U_2 = 120\text{ В}$, ваттметр $-P_2 = 100\text{ Вт}$.

Изобразить схему подключения катушки, определить параметры схемы замещения катушки дросселя, исходя из данных таблицы 8.3, и изобразить векторную диаграмму дросселя для частоты $f=50\text{ Гц}$. Количество витков катушки $N = 100$ витков.

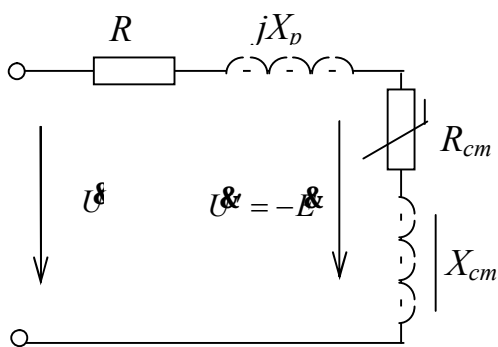


Рис. 8.5

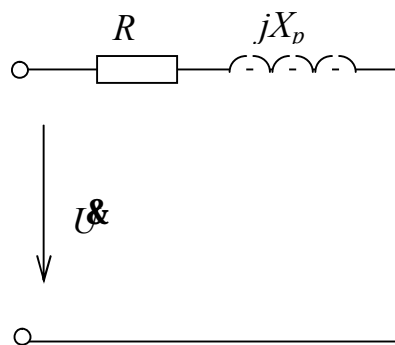


Рис. 8.6

Решение

Для расчетов используем последовательную схему замещения катушки (рис.8.5):

При отсутствии сердечника схема замещения катушки упрощается и содержит только два элемента (рис.8.6), можно допустить, что индуктивность рассеивания при удалении сердечника не изменяется.

Активное сопротивление проводов катушки дросселя равно:

$$R = \frac{P_2}{I_2^2} = \frac{100}{14^2} = 0,51 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление катушки определится:

$$Z = \frac{U_2}{I_2} = \frac{120}{14} = 8,57 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление рассеивания:

$$X_p = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{8,57^2 - 0,51^2} = 8,56 \text{ Ом.}$$

При наличии ферромагнитного сердечника при замерах определяются суммарные сопротивления, поэтому:

$$R_{\kappa} = \frac{P_1}{I_1^2} = \frac{120}{8^2} = 1,875 \text{ Ом.}$$

$$R_0 = R_{\kappa} - R = 1,875 - 0,51 = 1,365 \text{ Ом.}$$

$$Z_{\kappa} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{120}{8} = 15 \text{ Ом.}$$

$$X_0 = \sqrt{Z_{\kappa}^2 - R_{\kappa}^2} - X_p = \sqrt{15^2 - 1,875^2} - 8,56 = 6,236 \text{ Ом.}$$

Мощность потерь в меди $P_3 = I_1^2 \cdot R = 8^2 \cdot 0,51 = 32,64 \text{ Вт.}$

Мощность потерь в стали $P_{ст} = P_1 - P_3 = 120 - 32,64 = 87,36 \text{ Вт.}$

Составляющая тока, обусловленная потерями в стали (активная составляющая)

$$I_a = \frac{P_{ст}}{U_1} = \frac{87,36}{120} = 0,728 \text{ А.}$$

Намагничивающая составляющая тока (реактивная составляющая):

$$I_p = \sqrt{I_1^2 - I_a^2} = \sqrt{8^2 - 0,728^2} = 7,967 \text{ А.}$$

Падение напряжения на сопротивлении проводов катушки:

$$U_R = R \cdot I = 0,51 \cdot 8 = 4,08 \text{ В.}$$

Падение напряжения на сопротивлении рассеивания катушки:

$$U_{рас} = X_p \cdot I = 8,56 \cdot 8 = 68,48 \text{ В.}$$

Амплитуда магнитного потока

$$\Phi_m = \frac{U_1}{4,44 \cdot N \cdot f} = \frac{120}{4,44 \cdot 100 \cdot 501} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб.}$$

По схеме замещения

$$U' = E = Z_0 \cdot I_1 = I_1 \cdot \sqrt{R_0^2 + X_0^2} = 8 \cdot \sqrt{1,365^2 + 6,232^2} = 51,069 \text{ В.}$$

Порядок построения векторной диаграммы (рис. 8.7):

По оси действительных чисел откладываем вектор магнитного потока Φ_m .

Перпендикулярно, с отставанием на угол $\pi/2$ откладываем вектор ЭДС E (по отрицательной полуоси мнимых чисел).

Строим вектор тока как сумму активной I_a и реактивной I_p составляющих.

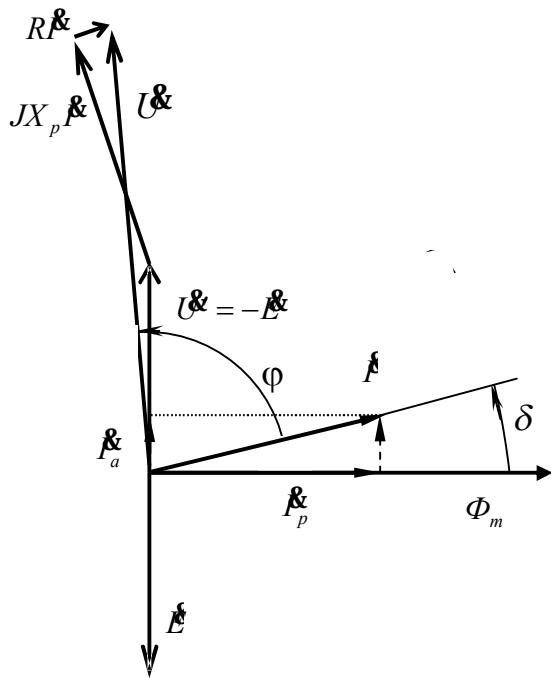


Рис. 8.7

Так как входное напряжение можно представить в виде суммы
$$U = -E + R \cdot I + jX_p \cdot I,$$
 строим вектор $(-E)$, откладывая его вдоль положительной полуоси мнимых чисел. К концу вектора $(-E)$ пристраиваем вектор $U_{рас} = jX_p \cdot I$ перпендикулярно вектору тока I и далее пристраиваем вектор падения напряжения на проводах катушки $U_R = R \cdot I$. Из начала вектора ЭДС в конец вектора U_R проводим вектор питающего напряжения U .

Варианты заданий к самостоятельной работе

Таблица 8.1

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
f , Гц	50	100	150	200	250	300	350	400
V , см ³	$2 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$	$4 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$
S , см ²	5	10	15	20	25	30	35	40
m_H , (А/м)/см	10	15	20	25	30	35	40	45
m_B , Тл/см	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,1	0,15	0,25

Таблица 8.2

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
P , Вт	5	10	15	10	30	40	50	25
U , В	127	220	380	36	127	220	380	36
I , А	0,1	0,15	0,1	1	0,7	0,8	0,6	2

Таблица 8.3

Параметры	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
I_1, A	0,1	3	0,2	0,15	0,25	0,3	0,2	0,26
U_1, B	36	80	100	127	220	380	208	300
P_1, BT	1	8	10	8	20	15	12	25
I_2, A	2	60	2,7	2	3,3	3,8	2,6	3,4
U_2, B	36	80	100	127	220	380	208	300
P_2, BT	4,3	64	92	70	170	118	100	208
$f, Гц$	50	100	200	250	300	400	50	300
N	100	200	300	400	500	600	1000	500