

## 一、例题精解

【例题 7.1】有一闭合铁心线圈，试分析铁心中的磁感应强度、线圈中的电流和铜损在下列几种情况下将如何变化

- (1) 直流励磁：铁心截面积加倍，线圈中的电阻和匝数以及电源电压保持不变；
- (2) 交流励磁：铁心截面积加倍，线圈中的电阻和匝数以及电源电压保持不变；
- (3) 直流励磁：线圈匝数加倍，线圈的电阻及电源电压保持不变；
- (4) 交流励磁：线圈匝数加倍，线圈的电阻及电源电压保持不变；
- (5) 交流励磁：电流频率减半，电源电压的大小保持不变；
- (6) 交流励磁：频率和电源电压的大小减半。

【解】(1) 由于电源电压和线圈电阻不变，所以电流  $I$  不变，铜损  $I^2 R$  不变。磁感应强度  $B$  不变，因为在  $IN = Hl$  中与  $S$  无关， $H$  不变，由  $B-H$  曲线可查知  $B_m$  不变；

(2) 在交流励磁的情况下，由公式  $U \approx E = 4.44fN\Phi_m = 4.44fNSB_m$  可知，当铁心截面积  $S$  加倍而其它条件不变，铁心中的磁感应强度  $B_m$  的大小减半；线圈电流  $I$  和铜损  $I^2 R$  随  $B-H$  曲线中  $H$  的减小相应降低；

(3) 由公式  $IN = Hl = \frac{B}{\mu}l$ ，线圈匝数  $N$  加倍，电源电压和线圈的电阻保持不变则线圈电流  $I$  和铜损  $I^2 R$  不变，磁场强度  $H$  加倍，磁感应强度  $B$  大小按  $B-H$  曲线增加；

(4) 在交流励磁的情况下，由公式  $U \approx E = 4.44fN\Phi_m = 4.44fNSB_m$  可知，当线圈匝数  $N$  加倍而其它条件不变，铁心中的磁感应强度  $B_m$  的大小减半；线圈电流  $I$  和铜损  $I^2 R$  按  $B-H$  曲线减小；

(5) 由公式  $U \approx E = 4.44fN\Phi_m = 4.44fNSB_m$  可知，在电流频率  $f$  减半而其它条件不变的情况下，铁心中的磁感应强度  $B_m$  的大小加倍（在铁心不饱和的前提下）；线圈电流  $I$  和铜损  $I^2 R$  按  $B-H$  曲线增加；

(6) 由公式  $U \approx E = 4.44fN\Phi_m = 4.44fNSB_m$  可知，当电源电压的大小和频率减半而其它条件不变时，铁心中的磁感应强度  $B_m$ 、线圈中的电流  $I$  和铜损  $I^2 R$  均保持不变。

【例题 7.2】在一个铸钢制成的闭合铁心上绕有一个匝数  $N = 1000$  的线圈，其线圈电阻  $R = 20\Omega$ ，铁心的平均长度  $l = 50\text{cm}$ 。若要在铁心中产生  $B = 1.2\text{T}$  的磁感应强度，试问线圈中应加入多大的直流电压？若在铁心磁路中加入一长度  $l_0$  为  $2\text{mm}$  的气隙，要保持铁心中的磁感应强度  $B$  不变，通入线圈的电压应为多少？

【解】 $NI = Hl$ ，由图 7.1 可查出铸钢铁心中的磁场强度  $H$  为  $1.4 \times 10^3 \text{ A/m}$ ，可以得出：

$$I = \frac{Hl}{N} = \frac{1.4 \times 10^3 \times 0.5}{1000} = 0.7 \text{ A}$$

线圈电压

$$U = RI = 14\text{V}$$

若在磁路中加入一气隙  $l_0$  , 需增加磁势为

$$H_0 l_0 = \frac{B}{\mu_0} l_0 = \frac{1.2}{4 \times 10^{-7}} \times 0.002 = 1909\text{A}$$

所需增加的电流为

$$I_0 = \frac{H_0 l_0}{N} = \frac{1909}{1000} = 1.9\text{A}$$

此时通入线圈的电压为

$$U = R(I + I_0) = 20 \times (0.7 + 1.9) = 52\text{V}$$

【例题 7.3】要绕制一个铁心线圈, 已知电源电压  $U = 220\text{V}$  , 频率  $f = 50\text{Hz}$  , 今量得铁心截面积为  $30.2\text{cm}^2$  , 铁心由硅钢片叠成, 设叠片间隙系数为 0.91。(1) 如取  $B_m = 1.2\text{T}$  , 问线圈匝数应为多少? (2) 如磁路平均长度为  $60\text{cm}$  , 问励磁电流应为多大?

【解】铁心的有效面积为

$$S = 30.2 \times 0.91 = 27.5\text{cm}^2$$

(1) 线圈的匝数可根据 4.44 公式求出, 即

$$N = \frac{U}{4.44 f B_m S} = \frac{220}{4.44 \times 50 \times 1.2 \times 27.5 \times 10^{-4}} = 300$$

(2) 从图 7.1 可查出, 当  $B_m = 1.2\text{T}$  时,  $H_m = 700\text{A/m}$  , 所以励磁电流的有效值为

$$I = \frac{H_m l}{\sqrt{2} N} = \frac{700 \times 60 \times 10^{-2}}{\sqrt{2} \times 300} = 1\text{A}$$

【例题 7.4】一交流铁心线圈工作在电压  $U = 220\text{V}$ 、频率  $f = 50\text{Hz}$  的电源上。测得电流  $I = 3\text{A}$  , 消耗功率  $P = 100\text{W}$ 。为了求出此时的铁损, 把线圈电压改接成直流  $12\text{V}$  电源上, 测得电流值是  $10\text{A}$ 。试计算线圈的铁损和功率因数。

【解】该线圈的电阻可由所加直流电压求出, 即

$$R = \frac{12}{10} = 1.2\Omega$$

线圈的铜损为

$$\Delta P_{\text{Cu}} = I^2 R = 3^2 \times 1.2 = 10.8\text{W}$$

线圈的铁损为

$$\Delta P_{\text{Fe}} = P - \Delta P_{\text{Cu}} = 100 - 10.8 = 89.2\text{W}$$

功率因数

$$\cos j = \frac{P}{IU} = \frac{100}{220 \times 3} = 0.15$$

【例题 7.5】有一台电源变压器, 原边匝数为 550 匝, 接  $220\text{V}$  电压。它有两个副绕组, 一个电压为  $36\text{V}$ , 其负载电阻为  $4\Omega$  ; 另一个电压为  $12\text{V}$  , 负载为  $2\Omega$  电阻。试求两绕组的匝数以及变压器原边绕组的电流。

【解】因为

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

和

$$\frac{N_1}{N_3} = \frac{U_1}{U_3}$$

所以副边绕组的匝数为

$$N_2 = \frac{U_1}{U_2} N_1 = \frac{550 \times 36}{220} = 90$$

$$N_3 = \frac{U_1}{U_3} N_1 = \frac{550 \times 12}{220} = 30$$

附绕组电流分别为

$$I_2 = \frac{36}{4} = 9 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{12}{2} = 6 \text{ A}$$

由磁势平衡方程式

$$N_1 I_1 \approx N_2 I_2 + N_3 I_3$$

得出原边绕组的电流为

$$I_1 \approx \frac{N_2 I_2 + N_3 I_3}{N_1} = \frac{90 \times 9 + 30 \times 6}{550} = 1.8 \text{ A}$$

**【例题 7.6】**如图 7.2 所示电磁铁，铁心和衔铁均由铸钢构成且截面积  $S = 2 \text{ cm}^2$  相同。铁心加衔铁的总平均长度  $l = 1 \text{ m}$ ，气隙总长度  $l_0 = 0.2 \text{ cm}$ 。线圈匝数  $N = 1000$  匝。若要产生 102 N 的吸力，线圈中应通入多大的电流？电磁铁吸合后，吸力又是多少？

**【解】**由于气隙长度很小，故可认为气隙的截面积等于电磁铁的截面积，因而可由电磁铁的吸力公式求出磁路中的  $B$  为

$$B = \sqrt{\frac{8 \times 10^{-7} \times F}{S \times 10^{-7}}} = \sqrt{\frac{8 \times 10^{-7} \times 102}{2 \times 10^{-4} \times 10^{-7}}} = 1.13 \text{ T}$$

由附表 7.1 可查出  $H = 1.0 \times 10^3 \text{ A/m}$ 。

气隙中的  $H_0$  为

$$H_0 = \frac{B}{\mu_0} = \frac{1.13}{4 \pi \times 10^{-7}} = 9 \times 10^5 \text{ A/m}$$

线圈中的电流为

$$I = \frac{Hl + H_0 l_0}{N} = \frac{1.0 \times 10^3 \times 1.0 + 9 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3}}{1000} = 2.8 \text{ A}$$

吸合后  $l_0$  为 0，则

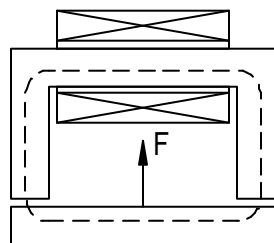


图7.2 例题7.5的图

$$H = \frac{NI}{l} = \frac{1000 \times 2.8}{1} = 2800 \text{ A/m}$$

查图 7.1 可知, 其磁感应强度为 1.4T, 由此可计算出吸力为

$$F = \frac{10^7}{8\pi} B^2 S = \frac{10^7 \times 1.4^2 \times 2 \times 10^{-4}}{8\pi} = 156 \text{ N}$$

## 一、习题精选

【习题 7.1】在图 7.3 所示的磁路中, 铁心的厚度都是 50mm, 其余尺寸如图中所标出, 其单位是 mm。铁心 1 用硅钢片而铁心 2 用铸钢制成。若要在铁心中产生 0.0012Wb 的磁通, 铁芯线圈的磁动势需要多大?

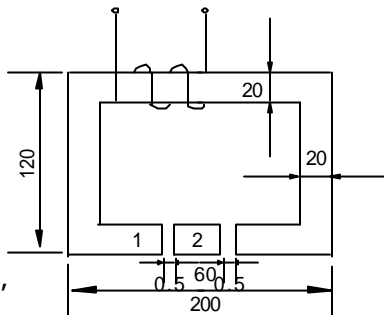


图7.3 习题7.1的图

【习题 7.2】交流电磁铁每小时操作有一定限制, 否则会引起线圈过热。这是为什么?

【习题 7.3】一交流励磁的闭合铁心, 如果将铁心的平均长度增大一倍, 试问铁心中的磁通最大值是否变化? 励磁电流有何变化? 若是直流励磁的闭合铁心, 情况又将怎样?

【习题 7.4】交流电磁铁通电后, 若衔铁长时期被卡住而不能吸合, 会引起什么后果?

【习题 7.5】平均吸力 100N 的交流电磁铁, 空气隙总截面积为  $4\text{cm}^2$ , 问空气隙磁感应强度最大值应该是多少?

【习题 7.6】三相变压器每相原、副绕组的匝数比为 10, 分别求出变压器在 Y/Y、Y/、/、/Y 接法时线电压的比值。

【习题 7.7】电压互感器的额定电压为 6000/100V, 现由电压表测得副边电压为 85V, 问原边被测电压是多少? 电流互感器的额定电流为 100/5A, 现由电流表测得副边电流为 3.8A, 问原边被测电流是多少?

【习题 7.8】一自耦变压器, 整个绕组的匝数  $N_1 = 1000$ , 接到 220V 的交流电源上, 输出部分绕组的匝数为  $N_2 = 500$ , 接到  $R = 4\Omega$ 、感抗  $X_L = 3\Omega$  的串联负载上, 略去变压器的内部阻抗不计, 求: (1) 变压器的副边电压为多少? (2) 副边输出电流是多少? (3) 原边输入电流是多少? (4) 输出的有功功率是多少?

【习题 7.9】某三相变压器容量为 800kVA, Y/ 接法, 额定电压为 35kV/10.5kV, 求变压器的高压边和低压边的相电压、线电压、相电流和线电流的额定值?

【习题 7.10】在额定电压 127V 的交流电磁铁, 启动功率 (指开始吸合衔铁时的视在功率) 为 2200VA, 工作功率 (指衔铁吸合后的视在功率) 为 130VA, 问开始吸合衔铁时的电流比吸合后的电流大多少倍?

【习题 7.11】某 50kVA、6000/230V 的单相变压器, 求: (1) 变压器的变比; (2) 高压绕组和低压绕组的额定电流; (3) 当变压器在额定负载情况下, 向功率因数为 0.85 的负载供电时, 量得副边电压为 220V, 它输出的有功功率、视在功率和无功功率各是多少?

【习题 7.12】容量为 150VA 的变压器, 原绕组额定电压为 220V, 副绕组有两个, 额定电压分别为 127V 和 36V。容量的分配如下: 36V 绕组为 50VA, 余下的由 127V 绕组承担。求这三个绕组的额定电流。

## 二、习题答案

【习题 7.1】由磁化曲线查得铸钢中的  $H$  为  $1\,400\text{A/m}$ 。线圈总的磁动势为  $1\,794$  安匝。

【习题 7.2】交流电磁铁在吸合过程中，由于有气隙的存在，线圈的电流很大。吸合后电流减小至额定值。故频繁启动电磁铁会导致线圈发热而烧毁。

【习题 7.3】交流电磁铁铁心磁通最大值不变，励磁电流增加一倍；直流电磁铁铁心磁通按  $B-H$  曲线减小，励磁电流不变。

【习题 7.4】交流电磁铁铁心被卡住，导致交流电磁铁线圈电流过大发热而烧毁。

【习题 7.5】空气隙磁感应强度的最大值为  $1.12\text{T}$ 。

【习题 7.6】 $Y/Y: 10$ ； $Y/$ ： $10\sqrt{3}$ ； $/$ ： $10$ ； $/Y: 10/\sqrt{3}$ 。

【习题 7.7】原边被测电压为  $5\,100\text{V}$ ；原边被测电流为  $76\text{A}$ 。

【习题 7.8】(1)  $110\text{V}$ ；(2)  $22\text{A}$ ；(3)  $11\text{A}$ ；(4)  $1\,936\text{W}$ 。

【习题 7.9】高压边相电压： $35\,000\text{V}$ ；线电压： $60\,622\text{V}$ ；相电流： $7.6\text{A}$ ；线电流： $7.6\text{A}$ 。低压边相电压： $10\,500\text{V}$ ；线电压： $10\,500\text{V}$ ；相电流： $25.4\text{A}$ ；线电流： $44.0\text{A}$ 。

【习题 7.10】 $16.9$  倍

【习题 7.11】(1) 变比： $26.1$ ；(2) 高压绕组电流： $8.3\text{A}$ ，低压绕组电流： $217.4\text{A}$ ；(3) 有功功率： $40.6\text{kW}$ ，无功功率： $25.2\text{kvar}$ ，视在功率： $47.8\text{kvar}$ 。

【习题 7.12】 $220\text{V}$  绕组： $0.68\text{A}$ ； $127\text{V}$  绕组： $0.79\text{A}$ ； $36\text{V}$  绕组： $1.4\text{A}$ 。