

一、无气隙直流电抗器的设计

在大功率整流电路中，为了使整流电流连续并减小电流的脉动，往往在负载回路中串入电抗器。直流电抗器也称滤波电抗器。

1. 大功率整流电路中滤波电抗器电感量的估算

(1) 维持电流连续的临界电感量的计算。这是从电流连续观点出发计算电抗器的电感。整流电流断续会使整流条件恶化，并引起电动机转速异常，因此必须使电动机在最小工作电流时，仍能维持电枢电流的连续。

为使电流连续，电抗器的临界电感量可按下式计算：

$$L_b = K_b \frac{U_2}{I_{z \cdot \min}} - (L_d + L_b)$$

式中 L_b ——临界电感量 (mH)；

K_b ——系数，见表 4-111；

U_2 ——整流变压器二次侧相电压 (V)；

$I_{z \cdot \min}$ ——最小负荷电流 (A);

L_d ——负载 (如电动机) 的电感量 (mH);

L_b ——整流变压器的每相电感量 (mH)。

表 4-111 计算滤波电抗器系数表

输出端形式	系数	整流电路形式									
		单相半波	单相全波	单相半控桥	用一只晶闸管的单相桥	单相全控桥	三相半波	三相半控桥	三相全控桥	六相半波	双反星形带平衡电抗器
输出端有续流二极管	K_b	2.7	1.67	1.67	1.67	1.67	1.03	1.78	0.655	0.378	0.325
	K_{md}	5.05	2.8	2.8	2.8	2.8	1.66	2.88	0.925	0.56	0.338
	K_b	6.37	6.37	3.18	3.18	3.18	6.75	3.9	3.9	5.51	7.8
输出端无续流二极管	K_b	—	—	1.67	—	2.86	1.46	1.78	0.695	0.401	0.348
	K_{md}	—	—	2.8	—	4.5	2.25	2.88	1.05	0.605	0.523
	K_d	—	—	3.18	—	3.18	6.75	3.9	3.9	5.51	7.8

(2) 保证电流脉动不超过要求值的电感量的计算。这是从限制电流脉动观点出发计算电抗器的电感量。整流电流中的脉动分量会使直流电动机换向性能恶化, 铜耗增加, 电机发热等。

为限制电流脉动, 电抗器的电感量可按下式计算:

$$L_{md} = K_{md} \frac{U_2}{S I_{ez}} - (L_d + L_b)$$

式中 L_{md} ——电抗器电感量 (mH);

K_{md} ——系数, 见表 4-111;

S ——电流最大允许脉动系数, 100kW 以下为三相半波整流时, 取 8% ~ 12%; 三相桥式整流时, 取 5% ~ 10%;

I_{ez} ——额定负荷电流 (A);

其他符号同前。

电流脉动系数按下式计算:

$$S = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \times 100\%$$

式中 I_{\max} ——电抗器流过的直流电流最大瞬时值 (A);
 I_{\min} ——电抗器流过的直流电流最小瞬时值 (A)。

(3) 电动机和变压器电感量的估算,

①电动机电感量按下式计算:

$$L_d = K_d \frac{U_e}{2pn_e I_e} \times 10^3$$

式中 L_d ——电动机电感量 (mH);
 K_d ——系数, 与电动机种类有关。一般无补偿电动机取 8~12; 快速无补偿电动机取 6~8; 有补偿电动机取 5~6;

U_e ——电动机额定电压 (V);

p ——电动机极对数;

n_e ——电动机额定转速 (r/min);

I_e ——电动机额定电流 (A)。

②变压器每相电感量按下式计算:

$$L_b = K_b \frac{U_d \% U_2}{100 I_x}$$

式中 L_b ——变压器每相电感量 (mH);

K_b ——系数, 见表 4-111;

$U_d \%$ ——变压器阻抗百分数, 一般变压器取 4~5; 整流变压器取 8~10;

I_x ——负荷电流 (A);

U_2 ——同前。

2. 电抗器容量计算

电抗器容量按下式计算:

$$Q = LI_e^2$$

式中 Q ——电抗器容量 (J);

L ——电抗器电感量 (H);

I_e ——整流回路额定电流 (A)。

3. 铁芯截面及铁芯尺寸的选择

铁芯截面按下式计算:

$$S = K_1 \sqrt{LI_e^2}$$

式中 S ——铁芯截面 (cm^2);

K_1 ——系数, 可取 9~12。

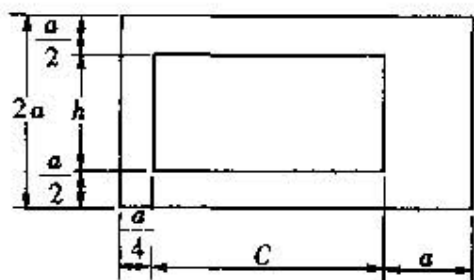


图 4-34 电抗器铁芯尺寸示意图

铁芯尺寸示意图如图 4-34 所示。大柱宽 $a = \sqrt{S}$ cm; 中柱宽为 $\frac{1}{2}a$; 小柱宽为 $\frac{1}{4}a$; 铁芯净厚 $b = a$; 窗口高度 $h = a$; 窗口宽度 $c = ka$, 其中 k 与电抗器容量有关, 容量大的取 1.5 左右, 容量小的取 2 左右。如果电抗器容量较大, 则大柱铁芯可采用

阶梯形截面, 中柱和小柱铁芯可采用矩形截面, 以简化制造工艺。

铁芯硅钢片重量为:

$$G_{\text{Fe}} \approx \sqrt[4]{Q^3}$$

式中 G_{Fe} ——硅钢片重 (kg);

Q ——电抗器容量 (J)。

铁芯硅钢片可采用冷轧硅钢片或热轧硅钢片。采用冷轧硅钢片时, K_1 系数可取小值, 即铁芯截面可选小些。

4. 绕组匝数计算

绕组匝数按下式计算:

$$W = K_2 \sqrt{L/a}$$

式中 K_2 ——系数, 与电抗器容量有关, 一般取 60~80。容量小的取大值, 容量大的取小值;

其他符号同前。

5. 导线截面选择

导线截面按下式计算：

$$q = I_e / j$$

式中 q ——导线截面 (mm^2)；

j ——电流密度，可取 $2.5 \sim 3\text{A}/\text{mm}^2$ ，额定电流大的取小值。

6. 铁芯窗口面积校核

铁芯窗口面积校核公式为：

$$Q_c \geq \frac{qW}{K_T}$$

式中 Q_c ——铁芯窗口实际面积 (mm^2)， $Q_c = hc$ ；

K_T ——绕组填充系数，取 $0.4 \sim 0.5$ ；

其他符号同前。

【例 4-14】 试设计一台用于直流电动机调速系统的无气隙直流电抗器。已知额定直流电流 I_e 为 160A ，额定电感量 L 为 3mH 。

解

①电抗器容量为：

$$Q = LI_e^2 = 3 \times 10^{-3} \times 160^2 = 76.8 \text{ (J)}$$

②铁芯截面及铁芯尺寸的选择。采用 D310 冷轧硅钢片，取 $K_1 = 9$ ，则铁芯截面积为：

$$S = K_1 \sqrt{LI_e^2} = 9 \sqrt{76.8} \approx 79 \text{ (cm}^2\text{)}$$

铁芯尺寸如下：

大柱宽 $a = \sqrt{S} = \sqrt{79} = 8.9 \text{ (cm)}$ ，取 9cm

中柱宽 $a/2 = 4.5\text{cm}$

小柱宽 $a/4 = 2.25\text{cm}$

铁芯净厚 $b = a = 9\text{cm}$

窗口高度 $h = a = 9\text{cm}$

窗口宽度 $c = ka = 1.5a = 13.5\text{cm}$

硅钢片重量 $G_{\text{Fe}} \approx \sqrt[4]{Q^3} = \sqrt[4]{76.8^3} \approx 26 \text{ (kg)}$

③绕组匝数为：

$$W = K_2 \sqrt{L/a} = 60 \sqrt{3/9} = 34.6 \text{ (匝)}, \text{ 取 } 35 \text{ 匝}$$

④导线截面选择。取电流密度 $j = 2.5 \text{ A/mm}^2$ ，则导线截面为：

$$q = I_e / j = 160 / 2.5 = 64 \text{ (mm}^2\text{)}$$

⑤校核铁芯窗口面积为：

$$Q_c = hc = 90 \times 120 = 10800 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\frac{qW}{K_T} = \frac{64 \times 35}{0.4} = 5600 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$Q_c > \frac{qW}{K_T}, \text{ 符合要求}$$