感应电热设备的设计 (6)

汤景明 机械部西安电炉研究所 (西安 710061)

Design of Induction Heating Equipment (6)

Tang Jingming

(2) 纵向电场中的圆柱形导体——圆截面导电的电线、电缆等的计算基础

当圆截面导体或电线、电缆等接以交流电压时，该导体即处于纵向交变电场之中。取出无限长导体中的一段“l”来进行其电磁现象的研究 (图 23)。

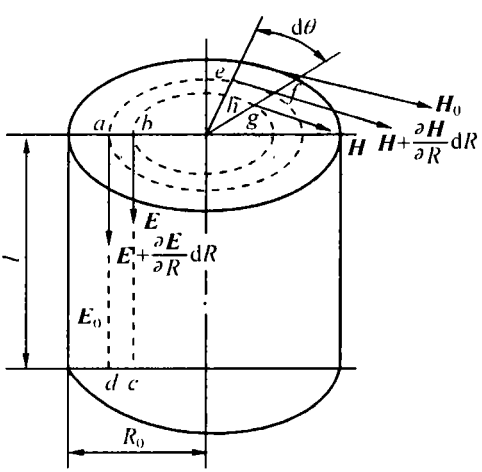


图 23 纵向电场中的圆柱导体

采用全电流定律和电磁感应定律，按图 23 上所示的闭合环路 *abcda* 和 *efghe* 分别进行线积如同对纵向磁场中导体所作的那样，进行一些演算和整理即可得出：

$$\dot{H}_m = \dot{H}_{m0}\frac{\mathrm{bei}'z + \mathrm{jbe}}{\mathrm{ber}\,z_0 + \mathrm{jbe}}$$

或其模数形式：

$$\delta_m = \delta_{m0}\sqrt{\frac{\mathrm{ber}^2 z + \mathrm{bei}^2}{\mathrm{ber}^2 z_0 + \mathrm{bei}^2}}$$

$$H_m = H_{m0}\sqrt{\frac{\mathrm{ber}'^2 z + \mathrm{be}}{\mathrm{ber}'^2 z_0 + \mathrm{be}}}$$

对式 (83) 和式 (84) 进行分出高、低频率时 δ_m 和 H_m 的简化

(a) 高频率时

$$\delta_m \approx \delta_{m0} e^{\frac{1}{\sqrt{}}}$$

$$H_m \approx H_{m0} e^{\frac{1}{\sqrt{}}}$$

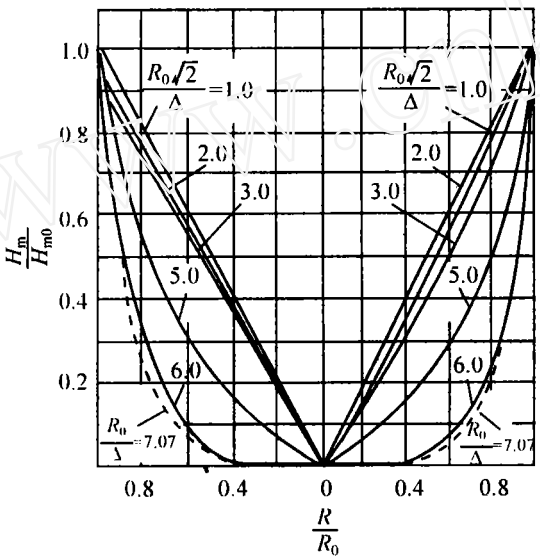
(b) 低频率时

$$\delta_m \approx \delta_{m0}$$

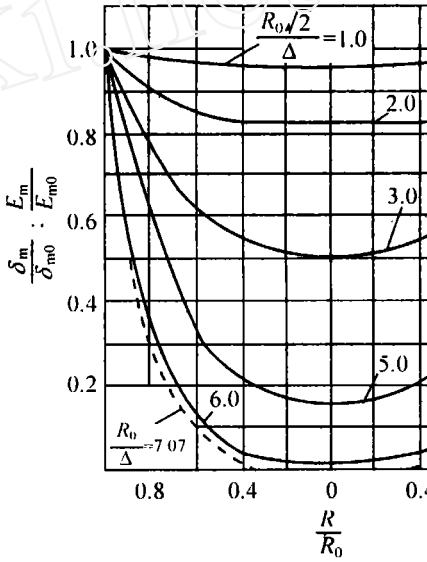
$$H_m \approx H_{m0}\left(1-\right.$$

此处亦可绘出与图 20 相似的 δ_m 和 H_m 的分布状况注好与图 20 相

(c)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://



(a) 磁场强度H_m的分布



(b) 电流密度 δ_m的分

图 24 纵向电场中圆柱形导体上 H_m 与 δ_m 沿导体截面的分布

写出感应器端电压公式：

$$\dot{U}_g = I_g z_1 + \dot{E} \tag{89}$$

式中：I_g 为感应器电流；

$z_1 = r_1 + jx_{1l}$——感应器本身的阻抗，x_{1l} 是指与线圈导体交链那部分磁通的电抗。

$\dot{E}$ 为感应电动势，其值如下式：

$$\dot{E} = j\omega N\frac{\dot{\Phi}}{\sqrt{2}} = j\omega N\frac{1}{\sqrt{2}}\left(\dot{\Phi}_s + \dot{\Phi}_2\right) = \dot{U}_s + \dot{U}_2 \tag{90}$$

式中，$\omega = 2\pi f$；Φ_s为气隙中的磁通，与 I_g 同相位；Φ_2 为炉料中的磁通，相位滞后于 I_g。

为了求导炉料的阻抗，要为此给出炉料的截面图（图 26）

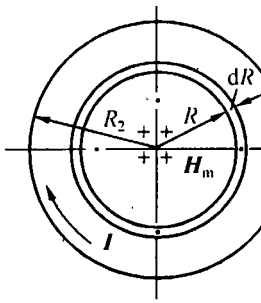


图 26



$$\Phi_2 = \int \mu_0\mu\dot{H}_m \times 2\pi$$

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w

$$\Phi_2 = \pi\mu_0\mu\Delta_2^2 z_2 H_{m0}\frac{\mathrm{bei}'z_2 - \mathrm{jber}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_0 + \mathrm{jbei}^2 z_2}$$

$$= \pi\mu_0\mu\Delta_2^2 z_2 H_{m0}\left(\frac{\mathrm{ber}\,z_2\mathrm{bei}'z_2 - \mathrm{bei}\,z_2\mathrm{ber}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_2 + \mathrm{bei}^2 z_2}\right.$$

$$\left. - \mathrm{j}\frac{\mathrm{ber}\,z_2\mathrm{ber}'z_2 + \mathrm{bei}\,z_2\mathrm{bei}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_2 + \mathrm{bei}^2 z_2}\right)$$

$$= \frac{\pi\mu_0\mu\Delta_2^2 z_2^2}{2} H_{m0}\left(\frac{2}{z_2}\cdot\frac{\mathrm{ber}\,z_2\mathrm{bei}'z_2 - \mathrm{bei}\,z_2\mathrm{ber}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_2 + \mathrm{bei}^2 z_2}\right.$$

$$\left. - \mathrm{j}\frac{2}{z_2}\cdot\frac{\mathrm{ber}\,z_2\mathrm{ber}'z_2 + \mathrm{bei}\,z_2\mathrm{bei}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_2 + \mathrm{bei}^2 z_2}\right)$$

设

$$A = \frac{2}{z_2}\cdot\frac{\mathrm{ber}\,z_2\mathrm{ber}'z_2 + \mathrm{bei}\,z_2\mathrm{bei}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_2 + \mathrm{bei}^2 z_2}$$

$$B = \frac{2}{z}\cdot\frac{\mathrm{ber}\,z_2\mathrm{ber}'z_2 - \mathrm{bei}\,z_2\mathrm{bei}'z_2}{\mathrm{ber}^2 z_2 + \mathrm{bei}^2 z_2}$$

绘于图 27

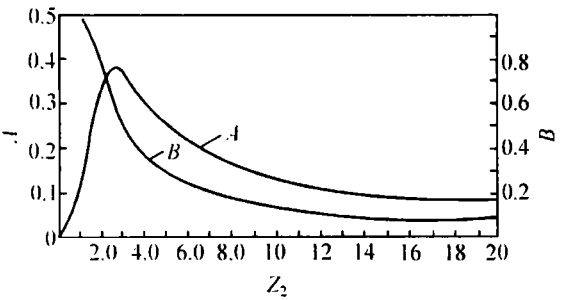


图 27 圆柱形炉料的阻抗函数

代入上式得出：

$$\Phi_2 = \frac{\pi\mu_0\mu\Delta_2^2 z_2^2}{2} H_{m0}(B - \mathrm{j}A) \qquad (93)$$

由式 (90) 已知

$U_2 = \mathrm{j}\omega N\frac{\Phi_2}{\sqrt{2}}$，将式 (93) 代入此式：

设 $N = 1$，则得出炉料阻抗

$$Z_2 = \frac{U_2}{I_g} = \pi\rho_2\frac{z_2^2}{a}(A -$$

其中

$$r_2 = \pi\rho_2\frac{z_2^2}{a_2}A$$

$$x_2 = \pi\rho_2\frac{z_2^2}{a_2}B$$

r_2 与 $\mathrm{j}x_2$ 即为炉料的电阻和电

(上接第 41 页)

只要模铸存在，亦将继续发挥作
国进行深入的推广应用。

科学试验是选择与完善合理
的最好方法。要想使科研成果转
则必须通过强化企业管理和科技
可行的新工艺新技术及时纳入规
作员都能按标准化作业。此外，
人员和操作人员的技术培训、不
文化素质和技术等级，亦是有效
与发挥设备作用的关键。

6 结 语

节能降耗工作是企业实现降
高效益的关键内容。只要模铸有
节能工作就要抓紧进行，只要在
操作上采取上述节能措施，就
的能耗与生产成本降至一个新水

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://w