

中华人民共和国第一机械工业部

ZHONGHUA RENMIN GONGHEGUO DIYI JIXIE GONGYEBU

电工专业指导性技术文件

DIANGONG ZHUANYE ZHIDAOXING JISHU WENJIAN

汽 輪 发 电 机 电 磁 計 算 公 式

电指(DZ) 28—63

(内 部 发 行)

北 京

1965

中华人民共和国第一机械工业部
电工专业指导性技术文件
汽 轮 发 电 机
电 磁 计 算 公 式
电指 (D Z) 28—63

技术标准出版社出版 (北京安定門外小黃庄)
(北京市书刊出版业营业許可証出字第 114 号)

新华书店内部发行

787×1092 $\frac{1}{11}$ ·4 $\frac{2}{11}$ ·80,000字 1965年9月第一版 1965年9月第一次印刷
印数: 1—5,030

統一书号: 15169·(2)—29 定价 (科八): 0.70元

目 次

一、基本数据.....	1
(一) 額定数据.....	1
(二) 定子繞組数据.....	1
(三) 轉子繞組数据.....	2
(四) 定子和轉子鉄心的主要尺寸.....	3
二、磁路計算.....	5
(一) 磁路尺寸.....	5
(二) 空載磁勢計算.....	7
(三) 負載磁勢計算.....	8
三、有效材料的重量及电机常数.....	11
四、損耗計算.....	12
(一) 短路損耗.....	12
(二) 空載損耗.....	12
(三) 励磁損耗.....	13
(四) 机械損耗.....	13
(五) 总損耗和效率.....	14
五、溫升計算.....	15
(一) 定子繞組和鉄心的溫升.....	15
(二) 轉子繞組的溫升.....	18
六、电抗、時間常数及短路电流計算.....	22
(一) 电抗.....	22
(二) 時間常数.....	23
(三) 短路电流.....	23

中华人民共和国 第一机械工业部	电工专业指导性技术文件 汽輪发电机电磁計算公式	电指(DZ) 28—63
	一、基本数据 (一) 額定数据 1. 額定功率 (視在) $P_N = \sqrt{3} \times U_N I_N \times 10^{-3}$ 千伏安 (kVA) 2. 功率因数 $\cos \varphi_N = \frac{P_A}{P_N}$ 3. 有功功率 $P_A = P_N \cos \varphi_N$ 千瓦 (kW) 4. 无功功率 $P_R = P_N \sin \varphi_N$ 千乏 (kVar) 5. 額定电压 $U_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} \times I_N}$ 伏 (V) 6. 額定电流 $I_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} \times U_N}$ 安 (A) 7. 相电压 $U_\varphi = \frac{U_N}{\sqrt{3}}$ (当Y接法时) 伏 (V) 8. 相电流 $U_\varphi = U_N$ (当△接法时) 伏 (V) $I_\varphi = I_N$ (当Y接法时) 安 (A) $I_\varphi = \frac{I_N}{\sqrt{3}}$ (当△接法时) 安 (A) 9. 額定轉速 $n_N = \frac{60f_N}{p}$ 轉/分 (rpm) 10. 額定頻率 $f_N = \frac{p n_N}{60}$ 周/秒 (C/S) 11. 极对数 $p = \frac{60f_N}{n_N}$ (二) 定子繞組数据 12. 定子槽数 $Z_1 = 6pq_1$ 13. 每极每相槽数 $q_1 = \frac{Z_1}{6p}$ 14. 每槽有效导体数 $S_{n1} = \frac{W_1 a_1}{pq_1}$ 15. 每相并联支路数 $a_1 = \frac{S_{n1} pq_1}{W_1} = \frac{S_{n1} Z_1}{6 \times W_1}$ 16. 每相串联匝数 $W_1 = \frac{S_{n1} pq_1}{a_1} = \frac{S_{n1} Z_1}{6 \times a_1}$ 17. 繞組的节距 y_1 18. 繞組的短距比 $\beta = \frac{y_1}{3q_1}$ 查表 1 19. 綫圈股綫尺寸 $\frac{\text{絕緣前}}{\text{絕緣后}} = \frac{a_{cu1} b_{cu1}}{a'_{cu1} b'_{cu1}}$ 毫米 (mm)	
大电机研究所 提出	1963年4月1日	批准試行

銅綫計算截面

 F'_{cu1} 查表2.20. 每根有效导体沿高度的股綫排数 m_1 21. 每根有效导体沿寬度的股綫列数 n_1

22. 每根有效导体的截面积

$$F_{cu1} = m_1 n_1 F'_{cu1}$$

毫米² (mm²)

23. 极距

$$\tau_1 = \frac{\pi D_i}{2p}$$

毫米 (mm)

24. 每半匝綫圈的端部长度

$$l_{s1} = (16 \sim 18) \left(\frac{2U_N}{1000} + \beta \frac{\tau_1}{10} \right)$$

毫米 (mm)

25. 定子繞組每匝的平均长度

$$l_{w1} = 2(l_i + l_{s1})$$

毫米 (mm)

26. 定子每相繞組的电阻

$$R_{1(15)} = \frac{W_1 l_{w1} \times 10^{-3}}{57 a_1 F_{cu1}} \quad (\text{当 } 15^\circ \text{C 时})$$

欧 (Ω)当 75°C 时的电阻

$$R_{1(75)} = 1.24 R_{1(15)}$$

欧 (Ω)当 105°C 时的电阻

$$R_{1(105)} = 1.36 R_{1(15)}$$

欧 (Ω)

27. 定子电流密度

$$j_1 = \frac{I_\varphi}{a_1 F_{cu1}}$$

 $\frac{\text{安}}{\text{毫米}^2} \left(\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \right)$

28. 定子綫負荷

$$AS_1 = \frac{I_\varphi S_{n1}}{a_1 t_1} \times 10 = \frac{I_\varphi S_{n1} Z_1}{a_1 \pi D_i} \times 10$$

 $\frac{\text{安}}{\text{厘米}} \left(\frac{\text{A}}{\text{cm}} \right)$ 29. 定子綫負荷与电流密度的乘积 $AS_1 j_1$

(三) 轉子繞組数据

30. 轉子槽数

$$Z_2$$

31. 轉子齿分度数

$$Z'_2$$

32. 比值

$$\gamma = \frac{Z_2}{Z'_2} \quad \text{查表3.}$$

33. 每极的綫圈数

$$q_2 = \frac{Z_2}{4p}$$

34. 每槽有效导体数

$$S_{n2} = \frac{W_2 a_2}{q_2}$$

35. 每极綫圈并联支路数

$$a_2$$

36. 每极綫圈串联匝数

$$W_2 = \frac{S_{n2} q_2}{a_2}$$

37. 裸銅綫尺寸

$$a_{cu2} b_{cu2}$$

毫米 (mm)

38. 銅綫截面积

$$F_{cu2} = a_{cu2} b_{cu2} - 0.86 r_{cu2}^2$$

毫米² (mm²)式中: r_{cu2} —銅綫圓角半径

毫米 (mm)

39. 极弧系数

$$K_r = (1 - 0.5\gamma) \frac{\pi}{2} \quad \text{查表4}$$

40. 每半匝綫圈的端部长度

$$l_{s2} = 2C_2 + b_{cu2} q_2 + C'_2 (q_2 - 1) + \frac{K_r D_{med}}{p} - 0.86 \left(\gamma'_{cu2} + \frac{b_{cu2}}{2} \right)$$

毫米 (mm)

式中: 計算尺寸見图1.

41. 轉子綫圈每匝的平均长度

$$l_{w2} = 2(l_2 + l_{s2})$$

毫米 (mm)

42. 轉子每对极繞組的电阻

$$R_{2(15)} = \frac{2p W_2 l_{w2} \times 10^{-3}}{57 a_2 F_{cu2}} \quad (\text{当 } 15^\circ \text{C 时})$$

欧 (Ω)当 75°C 时的电阻

$$R_{2(75)} = 1.24 R_{2(15)}$$

欧 (Ω)当 130°C 时的电阻

$$R_{2(130)} = 1.46 R_{2(15)}$$

欧 (Ω)当 145°C 时的电阻

$$R_{2(145)} = 1.52 R_{2(15)}$$

欧 (Ω)

(四) 定子和轉子鐵心的主要尺寸 (見圖 2、3)

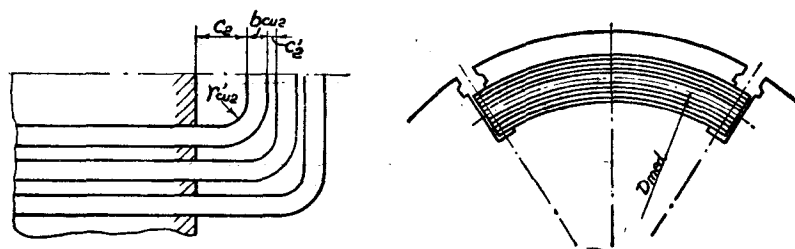


圖 1

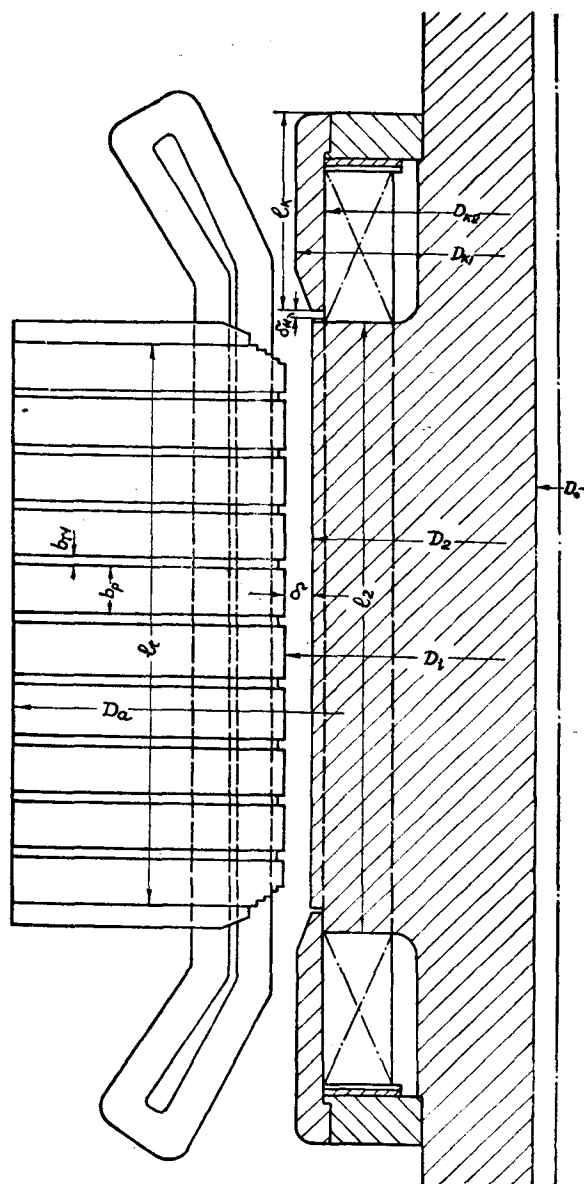


圖 2

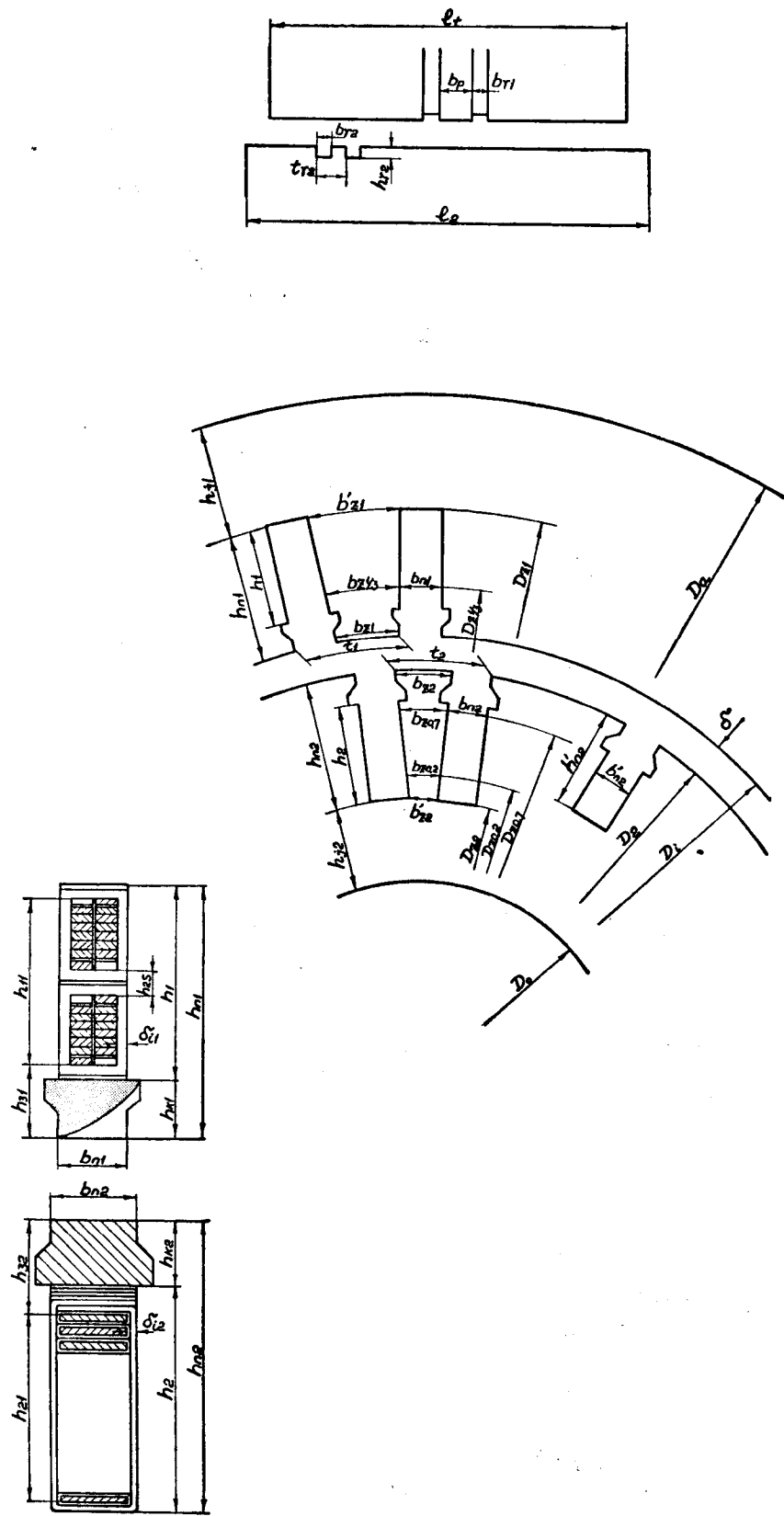


图 3

二、磁路計算

(一) 磁路尺寸 (見圖 2、3)

43. 定子鉄心外径	D_a	毫米 (mm)
44. 定子鉄心內径	D_i	毫米 (mm)
45. 轉子外径	D_2	毫米 (mm)
46. 轉子中心孔直径	D_0	毫米 (mm)
47. 定子槽寬 (冲片)	b_{n1}	毫米 (mm)
48. 定子槽深 (冲片)	h_{n1}	毫米 (mm)
49. 轉子槽寬	b_{n2}	毫米 (mm)
50. 轉子槽深	h_{n2}	毫米 (mm)
51. 定子齿根处直径	$D_{z1} = D_i + 2h_{n1}$	毫米 (mm)
52. 定子 $\frac{1}{3}$ 齿高处直径	$D_{\frac{1}{3}} = D_i + \frac{2}{3}h_{n1}$	毫米 (mm)
53. 轉子0.7齿高处直径	$D_{0.7} = D_2 - 0.6h_{n2}$	毫米 (mm)
54. 轉子0.2齿高处直径	$D_{0.2} = D_2 - 1.6h_{n2}$	毫米 (mm)
55. 轉子齿根处直径	$D_{z2} = D_2 - 2h_{n2}$	毫米 (mm)
56. 定子齿根处的齿距	$t_{z1} = \frac{\pi D_{z1}}{Z_1}$	毫米 (mm)
57. 定子 $\frac{1}{3}$ 齿高处的齿距	$t_{\frac{1}{3}} = \frac{\pi D_{\frac{1}{3}}}{Z_1}$	毫米 (mm)
58. 定子內径的齿距	$t_1 = \frac{\pi D_i}{Z_1}$	毫米 (mm)
59. 轉子外径的齿距	$t_2 = \frac{\pi D_2}{Z'_2}$	毫米 (mm)
60. 轉子0.7齿高处的齿距	$t_{0.7} = \frac{\pi D_{0.7}}{Z'_2}$	毫米 (mm)
61. 轉子0.2齿高处的齿距	$t_{0.2} = \frac{\pi D_{0.2}}{Z'_2}$	毫米 (mm)
62. 轉子齿根处的齿距	$t_{z2} = \frac{\pi D_{z2}}{Z'_2}$	毫米 (mm)
63. 定子齿根处的齿寬	$b'_{z1} = t_{z1} - b_{n1}$	毫米 (mm)
64. 定子 $\frac{1}{3}$ 齿高处的齿寬	$b_{z\frac{1}{3}} = t_{\frac{1}{3}} - b_{n1}$	毫米 (mm)
65. 定子內径的齿寬	$b_{z1} = t_1 - b_{n1}$	毫米 (mm)
66. 轉子外径的齿寬	$b_{z2} = t_2 - b_{n2}$	毫米 (mm)
67. 轉子0.7齿高处的齿寬	$b_{z0.7} = t_{0.7} - b_{n2}$	毫米 (mm)
68. 轉子0.2齿高处的齿寬	$b_{z0.2} = t_{0.2} - b_{n2}$	毫米 (mm)
69. 轉子齿根处的齿寬	$b'_{z2} = t_{z2} - b_{n2}$	毫米 (mm)
70. 定子鉄心軛高	$h_{j1} = 0.5(D_a - D_{z1})$	毫米 (mm)
71. 轉子軛高	$h_{j2} = 0.5(D_{z2} - D_0)$	毫米 (mm)
72. 定子径向通风沟数	n_{r1}	
73. 定子径向通风沟寬	b_{r1}	毫米 (mm)
74. 轉子表面散热沟数	n_2	

75. 轉子表面散热沟距 t_{r2} 毫米 (mm)
 76. 轉子表面散热沟宽 b_{r2} 毫米 (mm)
 77. 轉子表面散热沟深 h_{r2} 毫米 (mm)
 78. 轉子每个大齿上的軸向通风槽数 n'_{n2}
 79. 轉子大齿上軸向通风槽宽 b'_{n2} 毫米 (mm)
 80. 轉子大齿上軸向通风槽深 h'_{n2} 毫米 (mm)
 81. 定子鉄心总长度 l_s 毫米 (mm)
 82. 无通风沟的定子鉄心长度 $l = l_s - n_{r1}b_{r1}$ 毫米 (mm)
 83. 定子鉄心淨长度 $l_{ef} = K_{Fe}l$ 毫米 (mm)

式中: K_{Fe} —叠片的填充系数, 当硅鋼片厚 0.5 毫米涂漆时 $K_{Fe}=0.93$;

当硅鋼片厚 0.35 毫米涂漆时 $K_{Fe}=0.9$ 。

84. 定子鉄心段的平均宽度 $b_p = \frac{l}{n_{r1} + 1}$ 毫米 (mm)
 85. 轉子本体长度 l_2 毫米 (mm)
 86. 单边气隙 δ 毫米 (mm)
 87. 每极的气隙截面积 $F_\delta = K_\gamma (D_i - \delta) \frac{l_s + 2\delta}{p} \times 10^{-2}$ 厘米² (cm²)
 88. 定子鉄心軀的截面积 $F_{j1} = h_{j1}l_{ef} \times 10^{-2}$ 厘米² (cm²)
 89. 定子 $\frac{1}{3}$ 齿高处每极內齿的截面积 $F_{z+} = 1.91q_1b_{z+}l_{ef} \times 10^{-2}$ 厘米² (cm²)
 90. 轉子每厘米槽宽在横軸上的投影总和 $\Sigma \sin \alpha = \frac{1 - \cos \gamma \frac{\pi}{2}}{\sin \frac{\pi p}{Z'_2}}$ 查表 5
 91. 轉子 0.7 齿高处每极內齿的截面积 $F_{z0.7} = (\frac{D_{0.7}}{p} - b_{n2}\Sigma \sin \alpha - n'_{n2}b'_{n2})l_2 \times 10^{-2}$ 厘米² (cm²)
 92. 轉子 0.2 齿高处每极內齿的截面积 $F_{z0.2} = (\frac{D_{0.2}}{p} - b_{n2}\Sigma \sin \alpha - n'_{n2}b'_{n2})l_2 \times 10^{-2}$ 厘米² (cm²)

注: 当 $h'_{n2} < 0.8h_{n2}$ 則第 92 条中 $n'_{n2}b'_{n2} = 0$

93. 轉子軀的截面积 $F_{j2} = h_{j2}l_2 \times 10^{-2}$ 厘米² (cm²)
 94. 定子鉄心軀的磁路計算长度 $L_{j1} = \gamma \frac{\pi(D_s - h_{j1})}{4p} \times 10^{-1}$ 厘米 (cm)
 95. 定子齿部磁路长度 $L_{z1} = h_{n1} \times 10^{-1}$ 厘米 (cm)
 96. 轉子齿的磁路长度 $L_{z0.7} = L_{z0.2} = 0.5h_{n2} \times 10^{-1}$ 厘米 (cm)
 97. 轉子軀的磁路长度 $L_{j2} = \frac{D_{z2}}{2} \sin \frac{\pi}{2p} \times 10^{-1}$ 厘米 (cm)
 98. 磁分流系数 $K_{z+} = \frac{t + l_s}{b_{z+}l_{ef}} - 1$
 99. 磁分流系数 $K_{z0.7} = \frac{b_{n2}}{b_{z0.7}}$
 100. 磁分流系数 $K_{z0.2} = \frac{b_{n2}}{b_{z0.2}}$

(二) 空載磁勢計算

$$\left. \begin{aligned} 101. \text{定子槽的气隙系数} \quad K_{\delta n} &= 1 + \frac{b_{n1}^2}{t_1(5\delta + b_{n1}) - b_{n1}^2} \\ 102. \text{定子通风沟的气隙系数} \quad K_{\delta s} &= 1 + \frac{b_{r1}^2}{(b_p + b_{r1})(5\delta + b_{r1}) - b_{r1}^2} \\ 103. \text{轉子表面散热沟的气隙系数} \quad K_{\delta r} &= 1 + \frac{b_{r2}^2}{t_{r2}(5\delta + b_{r2}) - b_{r2}^2} \end{aligned} \right\} \text{查图 6}$$

$$\text{轉子表面小齿的气隙系数} \quad K_{\delta z} = 1 + \frac{0.5\gamma b_{n2}^2}{z_2(5\delta + b_{n2}) - b_{n2}^2}$$

$$104. \text{定子鉄心两端阶梯的气隙系数} \quad K_{\delta x} = 1 + \frac{5}{\sqrt{\delta l_{med}}} \quad \text{查表 7}$$

式中: l_{med} 定轉子鉄心平均长度 $l_{med} = 0.5(l_1 + l_2)$ 毫米 (mm)

$$105. \text{气隙系数} \quad K_{\delta} = K_{\delta n} + (K_{\delta s} - 1) + (K_{\delta r} - 1) + (K_{\delta z} - 1) + (K_{\delta x} - 1)$$

$$106. \text{定子繞組系数} \quad K_{w1} = \frac{\sin \frac{\pi}{6}}{q_1 \sin \frac{\pi}{6q_1}} \sin \beta \frac{\pi}{2} \quad \text{查表 8}$$

$$107. \text{空載額定电压时的每极磁通} \quad \phi = 0.45 \frac{U_{\phi}}{K_{w1} W_1} \left(\frac{50}{f} \right) \times 10^6 \quad \text{馬 (Mx)}$$

$$108. \text{气隙中的磁通密度} \quad B_{\delta} = \frac{\phi}{F_{\delta}} \quad \text{高斯 (Gs)}$$

$$109. \text{定子鉄心軛中的磁通密度} \quad B_{j1} = \frac{\phi}{2F_{j1}} \quad \text{高斯 (Gs)}$$

$$110. \text{定子鉄心軛中的計算磁通密度} \quad B'_{j1} = \zeta B_{j1} \quad \text{高斯 (Gs)}$$

$$\text{式中: } \zeta \text{ 校正系数} \quad \zeta = \frac{18 - 10\gamma}{18 - 9\gamma} = \frac{18 - 10\left(\frac{Z_2}{Z'_2}\right)}{18 - 9\left(\frac{Z_2}{Z'_2}\right)} \quad \text{查表 9}$$

$$111. \text{定子鉄心齿中的磁通密度} \quad B_{z+} = \frac{\phi}{F_{z+}} \quad \text{高斯 (Gs)}$$

$$112. \text{定子鉄心軛的单位磁势} \quad aw_{j1} = f(B'_{j1}) \quad \frac{\text{安匝}}{\text{厘米}} \left(\frac{\text{A-W}}{\text{cm}} \right)$$

按所采用的硅鋼片牌号查表10、表11

$$113. \text{定子鉄心齿的单位磁势} \quad aw_{z+} = f(B_{z+}) \quad \frac{\text{安匝}}{\text{厘米}} \left(\frac{\text{A-W}}{\text{cm}} \right)$$

当 $B_{z+} < 18000 \text{Gs}$ 时, 查表10、表11

当 $B_{z+} > 18000 \text{Gs}$ 时, 查图 7、图 8

$$114. \text{定子鉄心軛的磁势} \quad AW_{j1} = aw_{j1} L_{j1} \quad \text{安匝 (A-W)}$$

$$115. \text{定子鉄心齿的磁势} \quad AW_{z+} = aw_{z+} L_{z1} \quad \text{安匝 (A-W)}$$

$$116. \text{每极的气隙磁势} \quad AW_{\delta} = 0.08 K_{\delta} \delta B_{\delta} \quad \text{安匝 (A-W)}$$

$$117. \text{定子和气隙的总磁势} \quad AW_1 = AW_{j1} + AW_{z+} + AW_{\delta} \quad \text{安匝 (A-W)}$$

$$118. \text{轉子槽的漏磁导}$$

$$\text{当用非磁性槽楔时} \quad \Lambda = 0.5 \frac{pl_2}{Z_2} \left(\frac{h_{n2}}{b_{n2}} + 1 \right)$$

$$\text{当用組合的槽楔时} \quad \Lambda = 0.5 \frac{pl_2}{Z_2} \left(\frac{h_{n2}}{b_{n2}} + 3 \right)$$

$$119. \text{轉子槽的漏磁通} \quad \phi_r = \Lambda AW_1 \quad \text{馬 (Mx)}$$

120. 护环外径 D_{K1} 毫米 (mm)
121. 护环內径 D_{K2} 毫米 (mm)
122. 通过磁性护环的轉子漏磁通
- 当护环搭在轉子本体上时 $\phi_K = \frac{D_{K1}^2 - D_{K2}^2}{2p \times 100} \times 25000 \times 10^{-2}$ 馬 (Mx)
- 当护环不搭在轉子本体上时 $\phi_K = 1.2 \frac{D_{K1} - D_{K2}}{l_t} \frac{\delta}{\delta_K} \phi \times 10^{-1}$ 馬 (Mx)
- 式中: δ_K ——护环与轉子本体間間隙 见图 2 毫米 (mm)
123. 轉子每极的磁通
- 当用非磁性护环时 $\phi_2 = \phi + \phi_s$ 馬 (Mx)
- 当用磁性护环时 $\phi_2 = \phi + \phi_s + \phi_K$ 馬 (Mx)
124. 轉子齿截面 $F_{Z0.7}$ 上的磁通密度 $B_{Z0.7} = \frac{\phi_2}{F_{Z0.7}}$ 高斯 (Gs)
125. 轉子齿截面 $F_{Z0.2}$ 上的磁通密度 $B_{Z0.2} = \frac{\phi_2}{F_{Z0.2}}$ 高斯 (Gs)
126. 轉子軛的磁通密度 $B_{j2} = \frac{\phi_2}{2F_{j2}}$ 高斯 (Gs)
127. 与 $B_{Z0.7}$ 相应的单位磁势 $aw_{Z0.7} = f(B_{Z0.7})$ 安匝 $\left(\frac{A-W}{cm}\right)$
厘米
- 当 $B_{Z0.7} < 18000 \text{Gs}$ 时, 查表12或表13
- 当 $B_{Z0.7} > 18000 \text{Gs}$ 时, 查图 9 或图10
128. 与 $B_{Z0.2}$ 相应的单位磁势 $aw_{Z0.2} = f(B_{Z0.2})$ 安匝 $\left(\frac{A-W}{cm}\right)$
厘米
- 当 $B_{Z0.2} < 18000 \text{Gs}$ 时, 查表12或表13
- 当 $B_{Z0.2} > 18000 \text{Gs}$ 时, 查图 9 或图10
129. 轉子軛的单位磁势 $aw_{j2} = f(B_{j2})$ 查表12或表13 安匝 $\left(\frac{A-W}{cm}\right)$
厘米
130. 与 $B_{Z0.7}$ 相应的磁势 $AW_{Z0.7} = aw_{Z0.7} L_{Z0.7}$ 安匝 (A-W)
131. 与 $B_{Z0.2}$ 相应的磁势 $AW_{Z0.2} = aw_{Z0.2} L_{Z0.2}$ 安匝 (A-W)
132. 轉子軛的磁势 $AW_{j2} = aw_{j2} L_{j2}$ 安匝 (A-W)
133. 空载、额定电压时每极的总磁势 $AW_0 = AW_1 + AW_{Z0.7} + AW_{Z0.2} + AW_{j2}$ 安匝 (A-W)
134. 空载、额定电压时的激磁电流 $I_{f0} = \frac{AW_0}{W_2}$ 安 (A)
135. 空载、额定电压时对应于气隙磁势的激磁电流 $I_{fs} = \frac{AW_s}{W_2}$ 安 (A)

(三) 負載磁势計算

136. 定子繞組槽漏抗

- 当 $\beta \geq \frac{2}{3}$ 时 $x_n = K_x \frac{2pl_x}{Z_1} \frac{3\beta + 1}{4} \frac{h_{11} + 3h_{31}}{3b_{n1}}$ %
- 当 $\beta < \frac{2}{3}$ 时 $x_n = K_x \frac{2pl_x}{Z_1} \frac{6\beta - 1}{4} \frac{h_{11} + 3h_{31}}{3b_{n1}}$ %
- 式中: 系数 $K_x = 0.407 \left(\frac{W_1}{10}\right)^2 \frac{I_N}{U_N} \frac{1}{p} \frac{f}{50}$ (当人接法时)
- $K_x = 0.137 \left(\frac{W_1}{10}\right)^2 \frac{I_N}{U_N} \frac{1}{p} \frac{f}{50}$ (当△接法时)
- 計算长度 $l_x = (l_s - 0.2n_{r1}b_{r1}) \times 10^{-1}$ 厘米 (cm)
- 計算尺寸 h_{11} 、 h_{31} 见图 3

137. 定子繞組端部漏抗 $x_s = K_x \frac{1}{3p} K_{w1}^2 D_i \times 10^{-1}$ %
138. 保梯電抗
 當用非磁性護環時 $x_p = x_n + x_s + 2.5$ %
 當用磁性護環時 $x_p = x_n + 1.5x_s + 2.5$ %
139. 額定負載時內電勢的標幺值 $E'_i = \sqrt{\cos^2 \varphi_N + \left(\frac{x_p}{100} + \sin \varphi_N\right)^2}$ 標幺值
140. 內電勢的有效值 $E_i = E'_i U_N$ 伏 (V)
141. 與內電勢 E_i 相應的每極磁通 $\phi_i = E_i \phi$ 馬 (Mx)
142. 與內電勢 E_i 相應的每極總磁勢 AW_i —— 依 ϕ_i 按第108~133條 安匝 (A-W)
143. 與內電勢 E_i 相應的激磁電流 $I_{fi} = \frac{AW_i}{W_2}$ 安 (A)
144. 電樞反應的磁勢 $AW_a = 1.06 W_1 K_{w1} I_\varphi \frac{1}{p}$ 安匝 (A-W)
145. 轉子繞組系數 $K_{w2} = \frac{2p \sin \gamma \frac{\pi}{2}}{Z_2 \sin \frac{\pi p}{Z_2}}$ 查表 6
146. 與電樞反應相應的激磁電流 $I_{fa} = \frac{AW_a}{K_{w2} W_2}$ 安 (A)
147. 短路電流為額定電流值時的激磁電流 $I_{fk} = I_{fa} + \frac{x_p}{100} I_{cs}$ 安 (A)
148. 短路電流為額定電流值時的電樞反應磁勢 $AW_K = I_{fk} W_2$ 安匝 (A-W)
149. 額定負載時的激磁電流 $I_{fN} = \sqrt{I_{fa}^2 + I_{fi}^2 + 2I_{fa}I_{fi} \frac{\frac{x_p}{100} + \sin \varphi_N}{E'_i}}$ 安 (A)

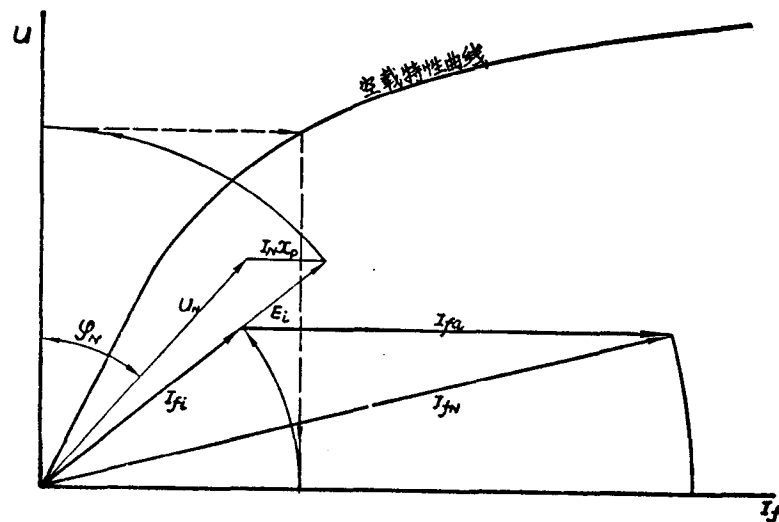


圖 4

电指(DZ) 28—63

汽輪发电机电磁計算公式

150. 短路比	$f_{k0} = \frac{I_{f0}}{I_{fk}}$	标么值
151. 靜过载能力	$S = \frac{I_{fN}}{I_{fk} \cos \varphi_N}$	标么值
152. 轉子的电流密度	$i_z = \frac{I_{fN}}{a_2 F_{cu2}}$	$\frac{\text{安}}{\text{毫米}^2} \left(\frac{\text{A}}{\text{mm}^2} \right)$
153. 額定負載时滑环上的电压	$U_{fN} = I_{fN} R_{z(130)} + 2$ (B級絕緣)	伏 (V)
154. 額定負載时轉子銅損耗	$Q_{fN} = I_{fN} U_{fN} \times 10^{-3}$	千瓦 (kW)
155. 轉子綫負荷	$AS_2 = \frac{I_{fN} S_{n2}}{a_2 t_2} \times 10$	$\frac{\text{安}}{\text{厘米}} \left(\frac{\text{A}}{\text{cm}} \right)$
156. 轉子綫負荷与电流密度的乘积	$AS_2 i_z$	

三、有效材料的重量及电机常数

157. 定子鉄心軛的重量	$G_{Fej} = 5.97(D_a^2 - D_{z1}^2)l_{ej} \times 10^{-6}$	公斤 (kg)
158. 定子齿的重量	$G_{Fez} = 7.6Z_1h_{n1}b_{1med}l'_{ej} \times 10^{-6}$	公斤 (kg)
式中:	$b_{1med} = \frac{b_{z1} + b'_{z1}}{2}$	毫米 (mm)
159. 定子鉄心总重	$G_{Fe1} = G_{Fej} + G_{Fez}$	公斤 (kg)
160. 定子繞組銅重	$G_{cu1} = 3 \times 0.507R_{1(15)}(F_{cu1}a_1)^2$	公斤 (kg)
161. 轉子繞組銅重	$G_{cu2} = 0.507R_{2(15)}(F_{cu2}a_2)^2$	公斤 (kg)
162. 定、轉子繞組总銅重	$G_{cu} = G_{cu1} + G_{cu2}$	公斤 (kg)
163. 单位功率的定子鉄重	$g_{Fe1} = \frac{G_{Fe1}}{P_N}$	$\frac{\text{公斤}}{\text{千伏安}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kVA}} \right)$
164. 单位功率的銅重	$g_{cu} = \frac{G_{cu}}{P_N}$	$\frac{\text{公斤}}{\text{千伏安}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{kVA}} \right)$
165. 电机常数	$C_A = \frac{D_a^2 l_{ej} n_N}{P_N} \times 10^{-3}$	

四、損耗計算

(一) 短路損耗

166. 在額定電流和溫度 75°C 時定

子繞組的銅損耗

$$Q_{cu(75)} = 3 \times I_{\phi}^2 R_{1(75)} \times 10^{-3}$$

千瓦 (kW)

167. 額定電流時定子繞組的附加

損耗

$$Q_{cuF} = 0.107 \times Q_{cu(75)} (m_1 S_{n1})^2$$

$$\times \left(\frac{n_1 b_{cu1}}{b_{n1}} \right)^2 a_{cu1}^3 \left(\frac{f}{50} \right)^2 \times 10^{-4}$$

千瓦 (kW)

168. 轉子磁場高次諧波在定子表面
產生損耗的計算系數

$$\varphi(\gamma) = 2 \Sigma \frac{f_n^2 K_{mn} \xi_n}{n^{2.5} \times 3} \quad \text{查表15}$$

169. 轉子磁場高次諧波在定子表面
產生的損耗

$$Q_{1vk} = \varphi(\gamma) \left[\frac{AW_K}{K_g \delta \times 10^3} \right]^2 \frac{D_i^3}{p^{3.5}} l_{ef} \left(\frac{f}{50} \right)^{1.5} \times 10^{-12} \text{ 千瓦(kW)}$$

170. 轉子齒諧波在定子表面產生損
耗的計算系數

$$K_1 = \frac{5 \times 10^4}{\gamma \sqrt{\left(\frac{Z_2'}{p} \right)^3}} \quad \text{查表16}$$

171. 轉子齒諧波在定子表面產生的
損耗

$$Q_{1zk} = K_1 \left[\frac{AW_K}{K_g \delta \times 10^3} \right]^2 \frac{D_i^3}{p^2} l_{ef} \left(\frac{f}{50} \right)^{1.5} \times 10^{-12} \text{ 千瓦(kW)}$$

172. 轉子齒諧波在定子齒中產生脈
動損耗的計算系數

$$K_2 = \frac{12.5}{\gamma^2 \sqrt{\frac{Z_2'}{p}}} \quad \text{查表17}$$

173. 轉子齒諧波在定子齒中產生的
脈動損耗

$$Q_{2zk} = K_2 \left[\frac{AW_K}{K_g \delta \times 10^3} \right]^2 \frac{G_{FeZ}}{p^{0.5}} \left(\frac{f}{50} \right)^2 \times 10^{-3} \text{ 千瓦 (kW)}$$

174. 定子磁場高次諧波在轉子表面
產生損耗的計算系數

$$\varphi(\beta) = 2.36 \times 10^4 \sum_{n=5}^{n=\infty} \frac{(n \pm 1)^{1.5}}{n^4} f_n^2 \quad \text{查表14}$$

175. 定子磁場高次諧波在轉子表面
產生的損耗

$$Q_{2vk} = \varphi(\beta) \left[\frac{AS_1}{K_g \delta \times 10} \right]^2 \frac{D_i^3}{p^4} l_2 \left(\frac{f}{50} \right)^{1.5} \times 10^{-18} \text{ 千瓦(kW)}$$

176. 定子齒諧波在轉子表面產生損
耗的計算系數

$$\varphi\left(\frac{\delta}{t_1}\right) = \frac{52.5}{\sin^2\left(2\pi \frac{\delta}{t_1}\right)} \quad \text{查表18}$$

177. 定子齒諧波在轉子表面產生的
損耗

$$Q_{2zk} = \varphi\left(\frac{\delta}{t_1}\right) \left[\frac{AS_1}{100} \right]^2 \frac{D_i^3}{p^{1.5}} \frac{l_2}{\sqrt{Z_1}} \left(\frac{f}{50} \right)^{1.5} \times 10^{-12} \text{ 千瓦(kW)}$$

178. 短路附加損耗

$$Q_{dk} = Q_{cuF} + Q_{1vk} + Q_{1zk} + Q_{2zk} + Q_{2vk} + Q_{2zk} \text{ 千瓦 (kW)}$$

179. 短路損耗

$$\Sigma Q_K = Q_{cu(75)} + Q_{dk} \text{ 千瓦 (kW)}$$

(二) 空載損耗

180. 定子鐵心軛的鐵損耗

$$Q_{Fei} = 1.3 q_i \left(\frac{B_{i1}}{10000} \right)^2 G_{Fei} \times 10^{-3}$$

千瓦 (kW)

式中:

 q_i ——當 50C/S 及 10000Gs 時, 軛的單位損耗

181. 定子齒的鐵損耗

$$Q_{FeZ} = 1.5 q_z \left(\frac{B_{z1}}{10000} \right)^2 G_{FeZ} \times 10^{-3}$$

千瓦 (kW)

式中:

 q_z ——當 50C/S 及 10000Gs 時, 齒的單位損耗

182. 定子軛及齒的基本鐵損耗

$$Q_{Fe} = Q_{Fei} + Q_{FeZ}$$

千瓦 (kW)

183. 轉子磁場高次諧波在定子表面
產生的損耗

$$Q_{1vo} = Q_{1vk} f_{k0}^2$$

千瓦 (kW)

184. 轉子齒諧波在定子表面產生的

損耗

$$Q_{1ZO} = Q_{1ZK} f_{k0}^2$$

千瓦 (kW)

185. 轉子齒諧波在定子齒中產生的

脈動損耗

$$Q_{ZZO} = Q_{ZZK} f_{k0}^2$$

千瓦 (kW)

186. 定子齒諧波在轉子表面產生的
損耗

$$Q_{2ZO} = 5.1 \left[\frac{B_s}{100} (K_{sn} - 1) \right]^2 \frac{D_i^3}{p^{1.5}} \frac{l_{ei}}{\sqrt{Z_1}} \left(\frac{f}{50} \right)^{1.5} \times 10^{-12} \text{ 千瓦 (kW)}$$

187. 空載附加損耗

$$Q_{do} = Q_{1vo} + Q_{1ZO} + Q_{ZZO} + Q_{2ZO}$$

千瓦 (kW)

188. 空載損耗

$$\Sigma Q_{Fe} = Q_{Fe} + Q_{do}$$

千瓦 (kW)

(三) 勵磁損耗

189. 額定負載時的勵磁損耗

當與勵磁機同軸時

$$Q_{f(75)} = \frac{I_{fN}^2 R_{2(75)} + 2I_{fN}}{\eta_f} \times 10^{-3}$$

千瓦 (kW)

式中: η_f ——勵磁機的效率

%

當與勵磁機不同軸時

$$Q_{f(75)} = (I_{fN}^2 R_{2(75)} + 2I_{fN}) \times 10^{-3}$$

千瓦 (kW)

(四) 機械損耗

190. 轉子與冷卻氣體的摩擦損耗

當用空氣冷卻時

$$Q_2 = 57.3 \frac{D_2^4}{p^3} l_2 \left(\frac{f}{50} \right)^3 \times 10^{-15}$$

千瓦 (kW)

當用氫氣冷卻時

$$Q_{2H} = 5.73 \frac{D_2^4}{p^3} l_2 \left(\frac{f}{50} \right)^3 \frac{P_H}{P_{HO}} \times 10^{-15}$$

千瓦 (kW)

式中:

 P_{HO} ——電機中的正常氫壓 (不高于1.05大氣壓)

絕對氣壓

 P_H ——所採用的氫壓

絕對氣壓

191. 轉子護環與冷卻氣體的摩擦損耗

當用空氣冷卻時

$$Q_k = 57.3 \frac{D_{k1}^4}{p^3} l_k \left(\frac{f}{50} \right)^3 \times 10^{-15}$$

千瓦 (kW)

當用氫氣冷卻時

$$Q_{KH} = 5.73 \frac{D_{k1}^4}{p^3} l_k \left(\frac{f}{50} \right)^3 \frac{P_H}{P_{HO}} \times 10^{-15}$$

千瓦 (kW)

式中:

 l_k ——每個護環的長度

毫米 (mm)

192. 轉子表面散熱溝與冷卻氣體的摩擦損耗

當用空氣冷卻時

$$Q_r = 2.7 \frac{n_{r2}}{p^3} \left[D_2^5 - (D_2 - 2h_{r2})^5 \right] \left(\frac{f}{50} \right)^3 \times 10^{-15} \text{ 千瓦 (kW)}$$

當用氫氣冷卻時

$$Q_{rH} = 0.27 \frac{n_{r2}}{p^3} \left[D_2^5 - (D_2 - 2h_{r2})^5 \right] \left(\frac{f}{50} \right)^3 \frac{P_H}{P_{HO}} \times 10^{-15} \text{ 千瓦 (kW)}$$

193. 軸承中的摩擦損耗

$$Q_m = 255 \times \sqrt{\frac{G_2}{2p^3}} \frac{l_z}{d_z} d_z^2 \left(\frac{f}{50} \right) \times 10^{-6}$$

千瓦 (kW)

式中:

 G_2 ——裝配後的轉子重量

噸 (t)

 d_z 和 l_z ——軸頸的直徑和長度

毫米 (mm)

194. 冷却气体的消耗量

当用空气冷却时

$$V = \frac{\Sigma Q_K + \Sigma Q_{Fe} + Q_{f(75)} + Q_2 + Q_K + Q_r}{1.1(\vartheta_a - \vartheta_v)} \quad \frac{\text{米}^3}{\text{秒}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

当用氢气冷却时

$$V_H = \frac{\Sigma Q_K + \Sigma Q_{Fe} + Q_{f(75)} + Q_{2H} + Q_{KH} + Q_{rH}}{1.1(\vartheta_{aH} - \vartheta_{vH}) \frac{P_H}{P_{HO}}} \quad \frac{\text{米}^3}{\text{秒}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

式中:

 ϑ_a 和 ϑ_{aH} ——电机中冷却气体总温升 $^{\circ}\text{C}$ ϑ_v 和 ϑ_{vH} ——冷却气体在风扇中的温升 $^{\circ}\text{C}$ 注: $(\vartheta_a - \vartheta_v)$ 或 $(\vartheta_{aH} - \vartheta_{vH})$ 采用 $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 风扇中冷却气体温升

	$\leq 25000 \text{ kW}$	50000 kW	$\geq 100000 \text{ kW}$
当空气冷却时 ϑ_v	5°C	7°C	10°C
当氢气冷却时 ϑ_{vH}	$0.5 \frac{P_H}{P_{HO}} ^{\circ}\text{C}$	$0.7 \frac{P_H}{P_{HO}} ^{\circ}\text{C}$	$1.0 \frac{P_H}{P_{HO}} ^{\circ}\text{C}$

195. 风扇的摩擦损耗

当用空气冷却时

$$Q_v = 1.1 \vartheta_v V \quad \text{千瓦 (kW)}$$

当用氢气冷却时

$$Q_{vH} = 1.1 \vartheta_{vH} V_H \quad \text{千瓦 (kW)}$$

196. 机械损耗

当用空气冷却时

$$Q_R = Q_2 + Q_K + Q_r + Q_m + Q_v \quad \text{千瓦 (kW)}$$

当用氢气冷却时

$$Q_{RH} = Q_{2H} + Q_{KH} + Q_{rH} + Q_m + Q_{vH} \quad \text{千瓦 (kW)}$$

(五) 总损耗和效率

197. 电机的总损耗

当用空气冷却时

$$\Sigma Q = \Sigma Q_K + \Sigma Q_{Fe} + Q_{f(75)} + Q_R \quad \text{千瓦 (kW)}$$

当用氢气冷却时

$$\Sigma Q_H = \Sigma Q_K + \Sigma Q_{Fe} + Q_{f(75)} + Q_{RH} \quad \text{千瓦 (kW)}$$

198. 电机的效率

当用空气冷却时

$$\eta = \left(1 - \frac{\Sigma Q}{P_A + \Sigma Q} \right) \times 100 \quad \%$$

当用氢气冷却时

$$\eta_H = \left(1 - \frac{\Sigma Q_H}{P_A + \Sigma Q_H} \right) \times 100 \quad \%$$