

成都工學院圖書館
基本館藏

324423

哈爾濱工業大學

電機系

電機電器專業電機專門化

畢業設計

題目：直流軋鋼用電動機

МП-1800, 1325КВТ, 750В.

200-360 об/мин.

哈爾濱 1955

251
11

11/10

15

畢業設計說明書

直流軋鋼用電動機

МП—1800. 1325 КВТ. 750 В.

200—360 об/мин.

設計者

陳丕璋

指導教師蘇聯專家

科學技術碩士

副教授

教研室主任

竺培勳

哈爾濱

1954. 12. 29.

題 目

軋鋼用直流電動機

1. 功率 $P_n = 1325$ 瓩 (1800 л. с.)
2. 電壓 $U_n = 750$ 伏 в.
3. 轉速 $n = 200/360$ об/мин.
4. 激磁形式 他激
激磁電壓 220 伏
5. 過載能力 2.5 倍額定值 (低速)
1.4 倍額定值 (高速)
6. 切斷電流 2.8 倍額定值 (低速)
1.5 倍額定值 (高速)
7. 通風型式 封閉式管道循環通風，但為便於維護換向器及電刷換向器放在風罩外面。
8. 潤滑型式 軸承潤滑採用油環加循環潤滑
9. 其他按 ГОСТ 標準

序 言

§ 1. 所設計之電機在國民經濟中的作用

我們偉大的祖國正向着幸福的社會主義社會過渡，憲法中規定：「國家在過渡時期的總任務是逐步實現國家的社會主義工業化，逐步完成對農業、手工業和資本主義工商業的社會主義改造」。而社會主義工業化則是社會主義改造的經濟基礎、五年來在經濟恢復和經濟建設方面已取得很大成就，並於 1953 年開始大規模經濟建設的第一個五年計劃，方針是主要發展重工業，即冶金、機械製造、動力、燃料、化學工業，而電機製造業是機械製造業中特別而重要的部門，重工業各部的以電能為動力的電動機與變其他能為電能的發電機都將由電機製造承擔，五年來電機製造工業與別的重工業部門一樣，取得了很大成就，在上海、瀋陽、哈爾濱、湘潭等地擴建和新建了大型電機製造和變壓器製造廠，以前只能修理或製造小型電機，而目前已能大規模生產各種交流型的系列電機，（如 ПН，系列 А. 等）並已製造出大型水輪發電機（6 千瓩）汽輪發電機（6 千瓩）等，大型直流機也正開始設計試製，（我所設計的就是待試製的大型軋鋼用直流電動機），國家還陸續投資建立重型電機製造廠，來適應其他重工業部門的需要。正如周總理在政府報告中指示的「我國原有的工業究竟是非常落後的、零散的、不平衡的，因此，為了實現我國工業化，就必須主要地依靠新的工業特別是重工業建設。」其中並以蘇聯援助的 156 項為骨幹，這些項目中有現代化聯合鋼鐵企業、電力站等，這些建設的設備（特別是電力設備）大部份是蘇聯援助的，這使我國能在落後的基礎上進行大規模建設，但為發展更快，為了適應以後更大規模的建設則必須要能自己生產冶金設備，電力設備……等來滿足需要，這是第一個五年計劃對電機製造業的要求，最近包頭等地又新發現鋼鐵基地，冶金用電力設備的生產在第二個五年計劃中將佔重要地位，目前國內尚沒有生產大型冶金用電機，加緊這方面的設計試製工作是必需的，如前所述，工廠已開始準備大型軋鋼用電機生產工作。我所設計的 МП—1800 直流軋鋼用電動機就是華中大冶鋼鐵公司拖動 500 mm 軋鋼機之電力設備，為生產特殊鋼材用的，雖然容量不是很大，但在國內製造是最大的，與此同時生產的尚有作為其電源的 ГП—1200 等發電機，這些電機的試製成功，意味着電機製造業的一項新成就，從不能生產到生產，是很大的進步，參加這項工作是一光榮的任務，這些電機的製造不但是直接支援了鋼鐵工業生產，使能增產大批鋼材，來發展其他工業，加速工業化速度，對第一個五年計劃有直接貢獻，而且通過了這台電機的試製，將為以後大規模生產及大型電機生產打下基礎，使在第二個五年計劃內能滿足大批新發展的鋼鐵基地的需要。而且通過試製可以解決今後大量生產中「技術力量不足和技術管理不善」的問題（周總理政府工作報告）為以後生產打下基礎。

§ 2. 使用單位的要求和電機工作情況及如何滿足這些要求

（a）此電動機係華中大冶鋼鐵拖動 500 mm 軋鋼機的動力設備，衝擊負載較大，電氣及機械設計應滿足此要求，電機用於溫度較高的華中地區，絕緣上要求防濕性能。

產品技術規格見題目所示。

（b）根據上列要求在設計中採取了這些措施。

(1) 衝擊負載方面：採用蛙形繞組，補償繞組，附加極繞組以改善換向，換向器採作過程嚴格，並做迴轉加熱試驗，主極、附加極極身採用疊片，減少換向時滯後現象，附加極用第二氣隙，減少極身磁通，加大第一氣隙，減少 e_R (反電勢) 採用 $\Theta T14$ 電刷，機械力計算中考慮了負載變化。

(2) 兩種轉速：採用改變激磁的方法來調節比較方便，在計算機械力及換向時考慮最高速，在計算溫升時考慮低速，因在這些時候是最不利的條件，並把兩種情形的運行性能圖示出來。

(3) 電機用於溫度高濕度較大的華中地區，故用封閉式，而為維護方便，換向器裝在外面。

(4) 出力能滿足需要，效率高。

(5) 飛輪問題，由於負載巔峯較大曾考慮採用飛輪裝置，但利用飛輪須裝置串激繞組，能在負載高時降低速度放出能量，這樣就會使生產降低，由於速度低軋壓時間長而使能量消耗增加，鋼錠溫度低產品質量變壞，而且由於飛輪存在而使事故與危險增加。而沒有飛輪可以直接用瓦特表測量功率，可對口徑準確度有所估價，故決定不用飛輪，也不用串激繞組。

(6) 由於調速範圍較廣故決定採用直流電動機，電源由直流發電機—交流動機組供給。

由於功率較高故採用電壓為 750 伏，(標準電壓)如電壓用得低些則發電機電流過大。

但他激繞組採用另一標準電壓 220 伏，因如也用 750 伏，則並激(或他激)線捲絕緣困難，採用 220 伏則使其他設備電壓也可低，這樣比較安全。

(7) 容量決定由等效電流法及負載圖決定。

§ 3. 設計內容簡述

我的設計分兩大部份

(1) 計算說明。

(2) 圖的擬製。

計算說明中內容如下：

1. 電磁計算 包括主要尺寸選擇的方案比較
2. 通風計算
3. 溫升計算 用幾種方法進行計算並比較
4. 機械計算 主要零件的機械計算
5. 專 題 研究通風計算的圖解法
6. 工 藝 設計換向器製造工藝，並做工段佈置設計
7. 經 濟 成本計算技術經濟指標，結構的分析及與工廠設計的比較

圖 紙

1. 總裝配
2. 電樞裝配
3. 換向器裝配
4. 繞組圖
5. 主極及附加極裝配

6. 換向器工段佈置

7. 專題部份，通風計算的圖解

通過這些，能把電機的主要設計內容表顯出來，並從最後技術經濟分析，證明比工廠設計好一些，因此這設計是有實際使用價值的。

這設計是在蘇聯專家科學技術碩士 Ю. К. Васильев 直接指導下進行的，使能直接體驗蘇聯教學經驗，為將來指導學生的畢業設計打下基礎，對專家的熱忱指導表示衷心感謝，並感謝蘇聯人民的援助。

這裡並對哈爾濱工業大學及電機教研組的幫助表示感謝，特別是電機教研組主任竺培勳同志在翻譯方面及其他方面給了很大幫助，使設計能順利進行，表示衷心感謝。

這設計還取得哈爾濱電機廠的同志們的幫助表示感謝。

目 錄

題 目	頁 次
序 言	
第一章 電 磁 計 算	1
第二章 通 風 計 算	24
第三章 溫 升 計 算	33
第四章 機 械 計 算	47
第五章 專 題	65
第六章 工 藝	71
第七章 經 濟	81
參 考 文 獻	88

第一章 電 磁 計 算

§ 1. 主要尺寸及方案比較

1. 第 1 法 根據文獻 [1] 決定主要尺寸初步值

$$\frac{P_n \cdot 10^3}{n_n} = \frac{1800 \cdot 0.746 \cdot 10^3}{200} = 6710 \text{ Вт/об/мин.}$$

根據 [1] 附錄 II 得直徑及極數

$$D = 1830 \text{ мм} \quad 2p = 12$$

根據 [1] 曲線 12—2 及 12—3 得氣隙中磁密及線負荷

$$B_g = 10600 \text{ Г.с} \quad A = 455 \text{ а/см}$$

計算功率

$$P' = K_s \frac{P_n}{\eta_n}$$

係數 $K_s = 0.87 \div 0.97$ 因係大型機 取 $K_s = 0.97$.

效率 $\eta_n = 0.934$ ([1] 曲線 12—5)

$$P' = 0.97 \frac{1800 \cdot 0.746}{0.934} = 1390 \text{ кВт}$$

電樞計算長

$$l_s = \frac{6.1 P' \cdot 10^{11}}{\alpha_s A \beta_s D^2 n_n}$$

取極距係數

$$\alpha_s = 0.65$$

$$l_s = \frac{6.1 \cdot 1800 \cdot 1390 \cdot 10^{11}}{0.65 \cdot 455 \cdot 10600 \cdot 183^2 \cdot 200} = 41.5 \text{ см}$$

極距

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} = \frac{\pi \cdot 183}{12} = 47.8 \text{ см}$$

比值

$$\lambda = \frac{l_s}{\tau} = \frac{41.5}{47.8} = 0.87$$

2. 第 2 法 (文獻 [2]) 決定主要尺寸初步值

$$D_{min} = \frac{P_1 p W_s}{0.5 \pi \epsilon_k A \cdot a}$$

因係大型機 取 $p = a$, $W_s = 1$ $\epsilon_k = 13$ В;

$A = 450$: (根據曲線 128)

$$D_{\min} = \frac{1800 \cdot 0.746 \cdot 10^3}{0.5 \cdot \pi \cdot 13 \cdot 450} = 146 \text{ cm.}$$

最近之標準直徑為 160 cm (蘇聯“電力”廠)

取 $D = 160 \text{ cm}$

頻率 $f_{\max} = 30 \div 40 \text{ rц}$ 為了使鐵損不過大取 $f_{\max} = 30 \text{ rц}$.

則當 $n = 200 \text{ об/мин}$ 時

$$f = f_{\max} \cdot \frac{n}{n_{\max}} = 30 \cdot \frac{200}{360} = 16.7 \text{ rц.}$$

$$p = \frac{60f}{n} = \frac{60 \cdot 16.7}{200} \approx 5.$$

極數 $2p = 10$.

$$\text{極距} \quad \tau = \frac{\pi D}{2p} = \frac{\pi \cdot 160}{2p} = 50 \text{ cm.}$$

$$\text{比值} \quad \beta = \frac{K_A \cdot V_a^3 \cdot p}{\pi^2 \cdot 2f^2 \cdot \rho_i}$$

K_A 根據曲線 129 得 0.255

$$V_a = \frac{\pi D n}{60 \cdot 100} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 200}{60 \cdot 100} = 16.7 \text{ м/сек}$$

$$\therefore \beta = \frac{0.255 \cdot 16.7^3 \cdot 5}{\pi^2 \cdot 2 \cdot 16.7^2 \cdot 1800 \cdot 0.746} = 0.81$$

$$l_a = \frac{\tau}{\beta} = \frac{50}{0.81} = 61.7 \text{ cm.}$$

$$\text{但} \quad l_{\max} = \frac{e_k}{2 \alpha_l V_a B_s} = \frac{13}{2 \cdot 0.65 \cdot 16.7 \cdot 10600} = 56.5 \text{ cm.}$$

β 值不合適, 即 K_A 值不合適, 曲線 129 偏小,

另: $K_A = \pi^2 \alpha_l B_s A \cdot 10^{-8}$

$$\alpha_l = 0.65, \quad B_s = 10600 \text{ rц} \quad A \approx 450 \text{ a/cm.}$$

$$K_A = \pi^2 \cdot 0.65 \cdot 10600 \cdot 450 \cdot 10^{-8} = 0.306.$$

$$\beta = 0.96$$

$$l_a = \frac{50}{0.96} = 52 \text{ cm.} \quad \text{小於 } l_{\max} \text{ 較合適}$$

3. 另取鄰近之標準直徑值及算得長度, 極數。

$$D = 210 \text{ cm.} \quad l_a = 29.5 \text{ cm} \quad 2p = 14.$$

4. 三方案之比較

初步方案比較

№	D	2p	τ	B_s	A	l_s	$\lambda = \frac{l_s}{\tau}$	$\lambda' = r\lambda$	$\lambda'' = \frac{\lambda}{r}$
1	183	12	47.8	10600	455	41.5	0.87	1.04	0.73
2	160	10	50	10500	450	52	1.04	1.24	0.86
3	210	14	47	10700	460	29.5	0.628	0.755	0.52

其中功率變化範圍 $r = 1.2$.

根據上列表之結果，方案3之通性較差， λ 值偏低故放棄，方案1，2仍進行計算比較計算結果列於下表（詳細計算見§2—§11.）（方案1因考慮放棄，故不列入僅記結果）

方案1，2之比較（符號說明見次頁）

№	D _{CM}	l_{CM}	2p	Z	N	D _K _{CM}	P_{KCM}	D _{PH} _{CM}	D _s _{CM}	B _{Zmax} _{ΓC}
1	183	44	12	198	1584	145	16	140	262	22400
2	160	55	10	155	1240	120	16	120	242	20900

№	B _s _{ΓC}	$A_{a/CM}$	Δ_a/MN^2	$A\Delta_a$	P_b _{KBT}	U _{KCP} _B	e_R _B	G _{cu} _{kg}	G _{Fe} _{kg}	η _%
1	10400	440	5.2	2290	6.17	11.4	4.07	2460	3010	91.6
2	10100	465	5.35	2480	5.22	12	3.35	2440	2940	92.4

從上列表結果可看出方案2比方案1具有之優點：

1. 省材料、銅重 G_{cu} 少 20 公斤，鐵重少 70 公斤，且直徑小
結構材料（例轆板、壓卷、套筒、等）也少，外徑 D_s 也小機座可小。
2. 效率高 0.8% 運行時經濟
3. 整流反電勢 e_R 小，換向性能好（且片間電壓 U_{KCP} 也小些）
4. 激磁功率 P_b 小，激磁機可小些。
5. 槽數少，槽利用率係數高，沖片製造方便些。
繞組元件數少，省工。
換向片片數少，省工。
6. 極數少，磁極裝壓省工，激磁繞組附加極繞組製造省工。

結論採用第 2 方案

表中符號說明

- Z 槽數
N 元件數
D_K 換向器直徑
 l_K 換向器有效長

D_{BH}	電樞內徑
D_s	機座外徑
B_{Zmax}	齒部最大磁密
B_δ	氣隙中磁密
A	線負載
Δ_a	電樞電密
P_b	激磁功率
$U_{ксп}$	換向片間平均電壓
e_R	$n=360$ об/мин 時換向反電勢
G_{cu}	銅重 (已連換向器)
G_{Fe}	矽鋼片有效重
η	效率 ($n=200$ об/мин)

§ 2. 電樞繞組之設計

1. 基本數據 $D=160$ см $2p=10$. $\tau=50$ см $l_\delta=52$ см.
2. 電樞全長 $l_1 \approx 1.05$ $l_\delta=54.6$ см.

取通風溝數

$$n_b = 6.$$

每段矽鋼片長度

$$l' = 7 \text{ см}$$

通風溝寬

$$b_s = 1 \text{ см}$$

電樞全長

$$l_1 = (n_b + 1) l' + n_b b_s = (6 + 1) 7 + 6 \cdot 1 = 55 \text{ см.}$$

3. 電樞磁通 (初步值)

$$\Phi = \alpha_l B_\delta \cdot \tau \cdot l_\delta = 0.65 \cdot 10500 \cdot 50 \cdot 52 = 1.77 \cdot 10^7 \text{ макс.}$$

4. 電樞串聯導線數 (初步值)

$$\frac{N}{2a} = \frac{30 \cdot E_H \cdot 10^8}{n_H \cdot p \cdot \Phi}$$

$$\text{其中電樞電勢 } E_H = U_H \left(1 - \frac{1 - \eta_H}{3}\right) = 750 \left(1 - \frac{1 - 0.934}{3}\right) = 735 \text{ В}$$

$$\therefore \frac{N}{2a} = \frac{30 \cdot 735 \cdot 10^8}{200 \cdot 5 \cdot 1.77 \cdot 10^7} = 125.$$

5. 互聯路數

爲了使換向好 W_s (每元件匝數) 儘可能小今取

$$W_s = 1.$$

$$\text{當 } 2a=2 \quad K=a\left(\frac{N}{2a}\right)=125 \cdot 1=125.$$

而換向片間電壓，（平均）

$$U_{Kcp} = \frac{U_n' \cdot 2p}{K} = \frac{750 \cdot 10}{125} = 60 \text{ В.} > 13 \text{ В.}$$

$$\text{當 } 2a=10 \quad K=625.$$

$$U_{Kcp} = \frac{750 \cdot 10}{625} = 12 \text{ В} < 13 \text{ В} \quad \text{較合適}$$

取 $2a=10$ ，即 $a=p$ ，可採用單極繞組或蛙式繞組。

但所設計之電動機負載變化很大，換向困難，採用蛙式繞組可改善換向，及減少換向時損耗，且單極繞組須用均壓線，結構複雜，且轉速大不易固定。根據工廠經驗這種型式電機一般採用蛙式繞組，故決定用蛙式繞組。

6. 槽數 Z 。

由 Сепрев 書曲線 12-8 得

$$15.5 < \frac{Z}{2p} \leq 16.2$$

即：

$$155 \leq Z \leq 162.$$

由於對稱條件 $\frac{Z}{p} = \text{整數}$ 即 Z 為 5 的倍數

可取 Z 為 155, 160, 165 進行比較

№	Z	$\frac{Z}{p}$	$K=U_n Z$	$N=2W_s K$	$U_{Kcp} \text{ В.}$
1	155	31	620	1240	12.1
2	160	32	640	1280	11.7
3	165	33	660	1320	11.4

表中 $U_n = 4$ ，是由 $K \approx 625$ 而得

為了減少由於主極下的移動在主極上引起的振擺及整流元件中變壓器電勢，儘可能取 $\frac{Z}{p} = \text{奇數}$ ，且 $\frac{Z}{p} = \text{奇數}$ 時可短距半個槽改善換向，而使換向區域增大不多，故方案 2 放棄。

方案 1 之優點：換向片數少，槽組元件數少，槽數少使工藝較簡單，槽利用係數高，A 小整流元件反電勢 e_R 小，換向較好，齒機械強度較高。

方案 3 之優點：磁通脈振振幅減小，附加損失減小 U_{Kcp} 小，換向在這方面較好。

但 $U_{\text{всп}}$ 在 $Z=155$ 時為 $12.1 < 13$ В. 方案 1 之優點較多故決定取 $Z=155$.

7. 繞組各節距 (意義見圖示)

$$y_{\text{кп}} = m = 1$$

$$y_{\text{кв}} = \frac{K}{p} - 1 = 123$$

$$y_{\text{я}} + y_{\text{в}} = \frac{K}{p} = 124$$

$$y_{\text{я}} = 60$$

$$y_{\text{в}} = 64$$

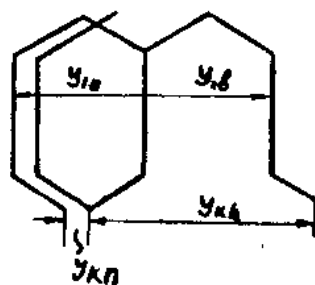


圖 1

8. 電樞電流

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{U_H \cdot \eta} = \frac{1800 \cdot 0.746 \cdot 10^3}{750 \cdot 0.934} = 1920 \text{ а.}$$

9. 槽形尺寸:

槽高 h_x

$$\frac{h_x}{D} \approx \frac{5 \div 6}{D+20}$$

$$h_x = \frac{5 \div 6}{160+20} \cdot 160 = 4.45 \div 5.34 \text{ см.}$$

齒節距

$$t_1 = \frac{\pi D}{Z} = \frac{\pi \cdot 160}{155} = 3.23 \text{ см.}$$

最小齒寬

$$b_{Z \text{ мин}} \geq \frac{B_s t_1 l_s}{K_c l B_{Z \text{ max}}} = \frac{10500 \cdot 3.23 \cdot 52}{0.94 \cdot 49 \cdot 23000} = 1.67 \text{ см.}$$

其中 $K_c = 0.94$

$B_{Z \text{ max}} = 23000$ Г.С. (過大則激磁須大, 及槽中磁力線增多引起渦流損耗)

最大槽寬

$$\begin{aligned} b_{\text{п max}} &\leq \frac{\pi (D_s - 2 h_{\text{п}})}{Z} - b_{Z \text{ мин}} \\ &= \frac{\pi (160 - 2 \times 5)}{155} - 1.67 = 1.73 \text{ см.} \end{aligned}$$

銅線截面初步值

$$S = \frac{I_a}{2p \cdot \Delta_a \cdot 2} \quad (\text{式中分母之 2 為考慮蛙形繞組中波或疊繞組之截面})$$

$$\Delta_a \approx 5 \text{ а/мм}^2.$$

$$S = \frac{1920}{10 \cdot 5 \cdot 2} = 19.2 \text{ mm}^2$$

取導線 $1.95 \times 9.3 = 17.9 \text{ mm}^2$

槽形尺寸及絕緣規範

名 稱	規 格	繞 法	寬 mm	高 mm
匝間絕緣雲母帶	0.125	半疊繞一層	$4 \times 2 \times 2 \times 0.125$ 2.0	$4 \times 2 \times 2 \times 0.125$ 2.0
線圈絕緣雲母帶	0.125	半疊繞三層	$3 \times 2 \times 2 \times 0.125$ 1.5	$3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 0.125$ 3.0
白布帶	0.2	並繞一層	0.4	0.8
層間絕緣電工紙	0.2	一 層		0.2
電工紙	0.2	1½ 層	0.4	0.6
三次浸漆			0.3	0.3
裝配空隙			0.4	0.4
餘 量			0.2	0.2
楔 條	6			6
銅 線	1.95×9.3		4×1.95 7.80	4×9.3 37.2
		共 計	13.0	50.8

實際之電密

$$\Delta_a = \frac{I_a}{2p \cdot S \cdot 2} = \frac{1920}{10 \cdot 17.9 \cdot 2} = 5.35 \text{ a/mm}^2$$

10. 電樞電阻

$$r_{a75} = \frac{1.24 N l_{cp}}{5700 (2a)^2 \cdot S_a}$$

其中導線平均長

$$l_{cp} = l_1 + l_n$$

尾接部份長

$$l_n = 1.4 \tau = 1.4 \times 50 = 70 \text{ cm.}$$

$$l_{cp} = 55 + 70 = 125 \text{ cm.}$$

$$r_{a75} = \frac{1.24 \cdot 1240 \cdot 125}{5700 \cdot (10)^2 \cdot 2 \cdot 17.9} = 0.0094 \text{ om.}$$

$$r_{a100} = \frac{1.34}{1.24} r_{a75} = 0.0101 \text{ om.}$$

$$r_{a120} = 1.05 r_{a100} = 0.0106 \text{ om.}$$

§ 3. 換向器尺寸及電刷

1. 換向器直徑

$$\begin{aligned} D_K &\approx (0.6 \div 0.85) D_a \\ &= (0.6 \div 0.85) 160 = 96 \div 136 \text{ CM.} \end{aligned}$$

取標準直徑 $D_K = 120 \text{ CM.}$

2. 換向片之節距

$$t_K = \frac{\pi D_K}{K} = \frac{\pi \cdot 1200}{620} = 6.06 \text{ MM}$$

換向片（銅）之厚度

$$\beta_K = 5.5 \text{ MM}$$

雲母片之厚度

$$\beta_I = 0.56 \text{ MM.}$$

3. 電刷選擇:

換向器之周速

$$V_{K \max} = \frac{\pi D_K n_{\max}}{60 \cdot 100} = \frac{\pi \cdot 120 \cdot 300}{6000} = 18.8 \text{ M/сек}$$

因換向較嚴重，故採用 3Г—14 電石墨碳刷，其性能如下：

- ① 電密 $\Delta_{\text{III}} = 10-11 \text{ A/CM}^2$
- ② 最大周速 $V_{K \max} = 40 \text{ M/сек} > 18.8 \text{ M/сек}$
- ③ 單位壓力 $p_{\text{III}} = 200-400 \text{ r/CM}$
- ④ 過渡壓降 $\Delta U_{\text{III}} = 2.5 \pm 0.5 \text{ B.}$
- ⑤ 摩擦係數 $\mu = 0.25.$

4. 所需炭刷之面積

$$\Sigma S_{\text{III}} = \frac{2 I_{aH}}{\Delta_{\text{III}}} = \frac{2 \times 1920}{11} = 348 \text{ CM}^2$$

$$\text{每極所需面積 } \frac{\Sigma S_{\text{III}}}{2p} = 34.8 \text{ CM}^2$$

5. 每極刷子數

$$N' = \frac{\Sigma S_{\text{III}}}{2p b_{\text{III}} l_{\text{III}}}$$

取刷寬 $b_{\text{III}} = 30 \text{ MM}$

刷長 $l_{\text{III}} = 30 \text{ MM}$

$$l_{\text{III}} \times b_{\text{III}} = 900 \text{ MM}^2$$

刷高 $h_{\text{III}} = 35 \text{ MM}$

$$N' = \frac{34.8}{900} \approx 4$$

6. 刷中帶寬

$$\Delta a = \frac{2 I_a}{N' 2p b_{01} \cdot l_{01}} = \frac{2 \times 1000}{10 \times 900 \times 10^{-2}} = 10.7 \text{ a/cm}^2$$

7. 換向器上刷子分佈所需長度

$$\begin{aligned} l_k &= N' l_1 + 0.5 (N' + 1) + 1.5 \\ &= 4 \times 3 + 0.5 (4 + 1) + 1.5 = 16 \text{ cm.} \end{aligned}$$

§ 4. 磁 路 計 算

1. 每極磁通

$$\phi = \frac{30 \cdot 10^6}{N' \frac{\pi}{2a}} = \frac{30 \cdot 735 \cdot 10^8}{200 \cdot 5 \cdot 124} = 0.178 \cdot 10^8 \text{ MKC}$$

2. 電樞軀高

$$h_a = \frac{\phi}{2 k_c l B_a} = \frac{0.178 \cdot 10^8}{2 \cdot 0.94 \cdot 49 \cdot 13500} = 14.3 \text{ cm}$$

3. 電樞內徑

$$\begin{aligned} D_{\text{BH}} &= D_a - 2 h_k - 2 h_a \\ &= 160 - 2 \cdot 5.08 - 2 \cdot 14.3 \\ &= 121.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

取 $D_{\text{BH}} = 120 \text{ cm}$

則 $h_a = 14.9 \text{ cm}$

$B_a = 13000 \text{ r.c}$

4. 氣隙長 δ

氣隙長一般應決定於磁場的歪扭情形（由電樞反應）但考慮採用補償繞組故 δ 決定於下列經驗公式。

$$\begin{aligned} \delta &= (4 + 0.8 D) (1 + 0.15 l_1) (1 + 0.006 V_a) \pm 10\% \\ &= (4 + 0.8 \cdot 160) (1 + 0.15 \cdot 0.52) (1 + 0.006 \cdot 16.7) \pm 10\% \\ &= 6.26 \pm 10\% \end{aligned}$$

取 $\delta = 6 \text{ mm.}$

在極掌兩端處氣隙放大些，目的爲了減少振擺損失，改進換向及避免齒振動發聲。

$$\delta_{\text{max}} = 2 \cdot \delta = 12 \text{ mm.}$$

5. 主極尺寸

換向區域 $\approx 16 \text{ cm}$

極弧長 $= \tau - 16 = 50 - 16 = 34. = b_p \text{ (cm)}$

$$\alpha = \frac{b_p}{\tau} = \frac{34}{50} = 0.677$$

極身長

$$l_p = l_m = 54 \text{ cm}$$

極身寬

$$b_m = \frac{1.2 \Phi}{0.98 l_m \cdot B_m}$$

$$B_m = 15000 \text{ rc}$$

$$\therefore b_m = \frac{1.2 \cdot 0.178 \cdot 10^3}{0.98 \cdot 54 \cdot 15000} = 27 \text{ cm}$$

極身高

$$h = 0.025 D_a + 20 = 0.025 \cdot 160 + 20 = 24.4 \text{ cm.}$$

極靴高

$$h_K = 6 \text{ cm}$$

6. 機座尺寸

所需截面

$$S_S = 0.6 \frac{\Phi}{B_S} = 0.6 \frac{0.178 \cdot 10^3}{12000} = 898 \text{ cm}^2$$

其中 $B_S = 12000 \text{ rc}$

爲了加強剛度機座截面如圖示

爲了避免過大的磁拉力機座長度僅略大於磁極及繞組之長度

$$l_S = 77 \text{ cm.}$$

機座外徑:

$$\begin{aligned} D_S &= D_a + 2\delta + 2h_m + 2h_s \\ &= 160 + 1.2 + 48.8 + 32 = 242.0 \text{ cm.} \end{aligned}$$

7. 氣隙中磁密

$$B_\delta = \frac{\Phi}{a_l \cdot \tau \cdot l_\delta} = \frac{0.178 \times 10^3}{0.677 \cdot 50 \cdot 52} = 10100 \text{ rc}$$

8. 卡氏係數

$$K_\delta = \frac{t_1 + 10\delta}{b_{Z\max} + 10\delta} = \frac{3.23 + 6}{1.93 + 6} = 11.7$$

其中 $b_{Z\max} = t_1 - b_\pi = 3.23 - 1.3 = 1.93 \text{ cm}$

9. 氣隙中磁位降

$$F_\delta = 1.6 k_\delta \delta B_\delta = 1.6 \cdot 1.17 \cdot 0.6 B_\delta = 1.12 B_\delta$$

10. 電樞齒各部節距

$$a) \quad t_1 = 3.23 \text{ cm}$$

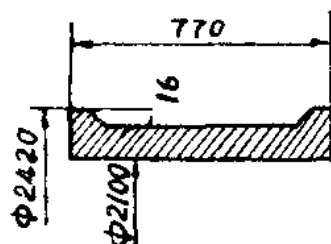


圖 2

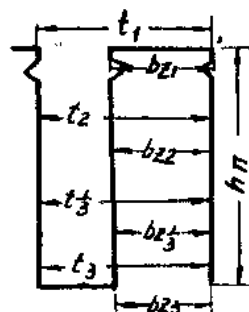


圖 3