

CH4 直流發電機之構造

4-1 直流電動機與直流發電機的關係

隨堂練習解答

課本 P55

- (B) 1. 直流電動機與直流發電機構造
(A)完全不同 (B)完全相同 (C)大同小異 (D)小同大異。

4-2 直流電機的整體構造

隨堂練習解答

課本 P57

- (B) 1. 下列何者不是磁路的一部分？ (A)場軛 (B)電刷 (C)電樞鐵心 (D)空氣隙。
(B) 2. 直流電機的電樞繞組屬於 (A)固定部分 (B)轉動部分 (C)整流部分 (D)散熱部分。

4-3 直流電機的定子(固定部分)

隨堂練習解答

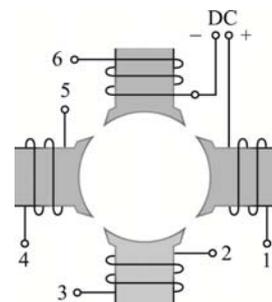
P61

- (B) 1. 如圖為 4 極直流電機的磁場繞組，正確的連接法為何？
(A) 1-2、3-4、5-6 (B) 1-3、2-4、5-6
(C) 1-2、3-6、4-5 (D) 1-3、2-6、4-5。

解 電流由 DC 電源正端流入後，從 1 號端點流出，依據右螺旋定則，右方磁極產生向左的磁力線，因此右方磁極的極掌位置為磁極 N。

主磁極相鄰須為異極性，因此下方磁極須為 S(電流 3 進，2 出)；左方磁極須為 N(電流 4 進，5 出)，上方磁極須為 S(電流 6 進，-出)。

確認電流方向後，利用導線將 1-3、2-4、5-6 相互連接。這四個磁極的線圈連接妥當後就會稱為磁場繞組，而所通過的電流就稱為磁場電流



P63

- (C) 1. 直流電機主磁極的極掌面積大於極心的主要目的為
(A)易於絕緣 (B)提高旋轉速度
(C)使磁通能夠均勻分佈 (D)減少旋轉時的噪音。
- (D) 2. 有關直流發電機主磁極產生磁場的敘述，下列何者錯誤？
(A)主磁極必為偶數個
(B)相鄰兩個主磁極的極性不同
(C)磁力線由 N 極出發經過電樞後進到 S 極
(D)機殼通過的磁力線數目為任一主磁極的兩倍。
- (D) 3. 由碳粉及石墨混壓而成，並可將直流發電機之電流輸送至負載電路之組件為
(A)換向器 (B)滑環 (C)磁極 (D)電刷。

4-4 直流電機的轉子(旋轉部分)

隨堂練習解答

課本 P66

- (B) 1. 下列何者屬於直流機轉子的一部分？
(A)電刷 (B)換向器 (C)場軛 (D)激磁線圈。
- (C) 2. 直流電機鐵心通常採用薄矽鋼片疊製而成，其主要目的為何？
(A)減低噪音 (B)減低磁滯損 (C)減低渦流損 (D)避免磁飽和。
- (B) 3. 直流機換向片的功能與下列哪一種元件相類似？
(A)突波吸收器 (B)整流二極體 (C)消弧線圈 (D)正反器。

4-5 直流機的電樞繞組

隨堂練習解答

P71

1. 有一部6極36槽直流發電機，其中一組電樞線圈的線圈邊分別放置於第1槽與第6槽，試問本題線圈繞法為全節距或是短節距？

解 極距 = $\frac{S}{P} = \frac{36}{6} = 6$ 槽，線圈節距 = $6 - 1 = 5$ 槽

線圈節距小於極距，因此為短節距繞法

4-2

P79

- (A) 1. 直流電機，電樞繞組的線圈節距約為
(A) 1 極距 (B) 2 極距 (C) 3 極距 (D) 4 極距。
- (C) 2. 4 極直流電機，若電樞採用雙分疊繞組，電流路徑數與電刷數分別為
(A) 4、4 (B) 4、8 (C) 8、4 (D) 8、8。
 解 電流路徑數： $a = mP = 2 \times 4 = 8$ ；疊繞的電刷數等於磁極數=4 個
- (D) 3. 下列何者為直流電機均壓線的功用？
(A) 抵消電樞反應 (B) 提高絕緣 (C) 提高溫升限度 (D) 改善換向。

P84

- (A) 1. 直流電機電樞採用波繞時，線圈節距約為
(A) 1 極距 (B) 2 極距 (C) 3 極距 (D) 4 極距。
 解 無論何種繞法，線圈(後)節距等於 1 極距(180° 電機角)
- (B) 2. 直流電機電樞採用波繞時，換向器節距約為
(A) 1 極距 (B) 2 極距 (C) 3 極距 (D) 4 極距。
 解 波繞換向器節距 Y_c 約為 2 極距(360° 電機角)
- (A) 3. 4 極直流電機，若電樞採用單分波繞組，電流路徑數以及最少需要的電刷數分別為
(A) 2、2 (B) 2、4 (C) 4、2 (D) 4、4。
 解 電流路徑數： $a = 2m = 2 \times 1 = 2$ ；波繞最少需要 2 個電刷數
- (A) 4. 波繞組採用虛設線圈其主要目的為
(A) 機械平衡 (B) 電路平衡 (C) 提升效率 (D) 美觀。

P88

- (D) 1. 某台 6 極直流發電機電樞為單分疊繞組，其電樞導體數為 600 根，而每一電樞導體之平均應電勢為 1.5 V，每根所載之電流為 20 A，則該機之輸出功率為多少瓦特？
(A) 2000 W (B) 6000 W (C) 9000 W (D) 18000 W。
 解 單分疊繞 $a = mP = 1 \times 6 = 6$

$$\text{每一路徑串聯導體數 } Z' = \frac{600 \text{根}}{6 \text{路}} = 100 \frac{\text{根}}{\text{路}}$$

$$\text{電樞端電壓 } V = 100 \times 1.5 \text{V} = 150 \text{V}$$

$$6 \text{ 個路徑合計的電樞電流 } I = 6 \text{路} \times 20 \text{A} = 120 \text{A}$$

$$\text{輸出功率 } P = 150 \text{V} \times 120 \text{A} = 18 \text{kW} = 18000 \text{W}$$

(A) 2. 8 極、40 V、80 A 直流發電機，原本採用單分疊繞，在導體數不變下改裝為單分波繞組，則電壓與電流分別為

(A) 160 V、20 A (B) 20 V、160 A (C) 320 V、10 A (D) 320 V、20 A。

解 電樞由單分疊繞($a = mP = 1 \times 8 = 8$)改成單分波繞($a = 2m = 2 \times 1 = 2$)，電流路徑數變成 1/4，因此總電壓變成原來的 4 倍($V' = 40V \times 4 = 160V$)，總電流變成原來的 1/4($I' = 80A \times 1/4 = 20A$)

自我評量解答

課本 P89

一、選擇題

4-2 (D) 1. 何者為直流發電機定子的一部分？

(A)電樞鐵心 (B)電樞繞組 (C)換向器 (D)電刷。

(A) 2. 直流電機的磁路中，磁阻最大的部分是

(A)空氣隙 (B)磁極 (C)場軛 (D)電樞鐵心。

4-3 (A) 3. 主磁極上的磁場繞組，其作用是產生電機所需要的

(A)磁通 (B)功率 (C)感應電勢 (D)轉矩。

(A) 4. 碳質電刷，最適合應用於下列何種特性之直流電動機？

(A)小容量、低轉速 (B)小容量、高轉速
(C)大容量、低轉速 (D)大容量、高轉速。

4-4 (B) 5. 直流電機的電樞部分屬於

(A)固定部分 (B)轉動部分 (C)磁路部分 (D)散熱部分。

(A) 6. 在直流發電機內其換向器的功用

(A)將交流變為直流 (B)將直流變為交流
(C)引導直流 (D)引導交流。

(A) 7. 正逆轉方向經常變動的直流機，其電刷與換向器之接觸形式宜用

(A)垂直形 (B)追隨形 (C)逆動形 (D)以上皆非。

(A) 8. 電樞上採用斜形槽的目的是

(A)減少噪音 (B)減少鐵損 (C)增大轉矩 (D)起動容易。

(B) 9. 直流電機鐵心加入矽的主要目的為何？

(A)減低銅損 (B)減低磁滯損
(C)減低渦流損 (D)避免磁飽和。

4-5 (D) 10. 六極電機，其一周之電工角度為 (A)180° (B)360° (C)720° (D)1080°。

解 $\theta_{eT} = 6\text{極} \times 180^\circ / \text{極} = 1080^\circ$

(B)11. 一般 P 極直流機而言，電機角度等於幾倍機械角度？

- (A) $\frac{P}{4}$ (B) $\frac{P}{2}$ (C) P (D) $2P$ 。

解 $\theta_e = \frac{P}{2} \theta_m$

(D)12. 直流機電樞繞組有疊繞及波繞，就單重繞組而言，下列何者錯誤？

- (A) 疊繞之電流路徑數等於極數 (B) 疊繞較適於低電壓大電流
(C) 波繞之電流路徑數為 2 (D) 波繞需有均壓環連接。

解 波繞線圈會通過所有磁極，因此不需要使用均壓環

(C)13. 某 6 極 36 槽電機，電樞繞組採雙層、單式疊繞、全節距繞，則其線圈節距為

- (A) 36 槽 (B) 12 槽 (C) 6 槽 (D) 4 槽。

解 極距 = $\frac{36\text{槽}}{6\text{極}} = 6\text{槽}$ ，採用全節距繞，線圈節距等於極距 = 6 槽

(B)14. 某 4 極 32 槽電機，電樞繞組採雙層、單式疊繞、短節距繞，某線圈的一個線圈邊置於第 3 槽，另一個線圈邊最可能置於第

- (A) 4 槽 (B) 10 槽 (C) 11 槽 (D) 12 槽。

解 極距 = $\frac{32\text{槽}}{4\text{極}} = 8\text{槽}$ ，若採用全節距繞，另一邊會在 $3+8=11$ 槽，本題採用短節距繞，最有可能會在第 10 槽

(B)15. 下列哪一種直流機應作均壓線連接？

- (A) 二極疊繞機 (B) 四極疊繞機
(C) 二極波繞機 (D) 四極波繞機。

解 均壓線用於疊繞且須為 4 極(含)以上電機，將相距 360 度電工角的線圈相接

(C)16. 單式疊繞組之直流機，連接同一均壓線上的各線圈應相距

- (A) 90 度 (B) 180 度 (C) 360 度 (D) 720 度 電工角。

(B)17. 4 極、100 V 直流發電機若將電樞繞組由單分疊繞改為單分波繞，則端電壓變成

- (A) 400 V (B) 200 V (C) 100 V (D) 50 V。

解 電樞由單分疊繞 ($a = mP = 1 \times 4 = 4$) 改成單分波繞 ($a = 2m = 2 \times 1 = 2$)，電流路徑數變成 1/2 倍，因此總電壓變成 2 倍 ($V' = 100\text{V} \times 2 = 200\text{V}$)

(B)18. 6 極直流發電機，電樞導體相同，則單式疊繞的每根導體的電流額定為繞成單式波繞時的 (A) 1/3 倍 (B) 1 倍 (C) 3 倍 (D) 6 倍。

解 電樞導體內的電流與繞法無關

- (A) 19. 繞組中虛設線圈其主要目的為
 (A)機械平衡 (B)電路平衡 (C)提升效率 (D)美觀。
- (B) 20. 四極單分波繞之直流發電機，其電樞上共有 400 根導體，若每根導體之平均電勢為 2 伏特，所載電流為 20 安培，則該發電機之額定電壓及電流分別為
 (A)800 V，20 A (B)400 V，40 A
 (C)200 V，80 A (D)400 V，80 A。

解 $a = 2m = 2 \times 1 = 2$ ， $\frac{400}{2} = 200$ ， $V = 200 \times 2 = 400V$ ， $I = 20 \times 2 = 40A$

二、問答題

1. 有一台 4 極、36 槽直流電機，電樞繞組採用雙層，單分、前進疊繞，求：
 (1)後節距、(2)換向片節距、(3)前節距、(4)電流路徑數、(5)100%均壓時需要幾條均壓線。

解 (1) $Y_b = \frac{S}{P} = \frac{36}{4} = 9$ 槽 (2) $Y_c = +1$ 片 (3) $Y_f = Y_b - Y_c = 9 - 1 = 8$ 槽
 (4) $a = mP = 1 \times 4 = 4$ (5) 均壓線數 = $\frac{\text{線圈數}}{\text{磁極對數}} = \frac{36}{4/2} = 18$ 條

2. 有一台 4 極 36 槽之直流電機，電樞繞組繞成雙層、雙分、後退波繞，求：
 (1)後節距、(2)換向片節距、(3)前節距、(4)電流路徑數、(5)虛設線圈數。

解 (1) $Y_b = \frac{S}{P} = \frac{36}{4} = 9$ 槽 (2) $Y_c = \frac{c \pm m}{P/2} = \frac{36 - 2}{4/2} = 17$ 片
 (3) $Y_f = Y_c - Y_b = 17 - 9 = 8$ 槽 (4) 電流路徑數 $a = 2m = 2 \times 2 = 4$
 (5) 換向片節距為整數，因此不須要虛設線圈

3. 有一台 6 極直流發電機，電樞內部共有 450 根有效導體，每導體之平均應電勢為 2 伏特，其所載之電流為 10 安培，試求電樞繞組分別採用：(1) 單分疊繞、(2) 單分波繞時之(a) 電流路徑數、(b) 端電壓、(c) 電樞電流、(d) 輸出功率分別為何？

解 (1) 單分疊繞：
 (a) 電流路徑數： $a = mP = 1 \times 6 = 6$
 (b) 每一路徑串聯導體數： $Z' = 450 / 6 = 75$ 根，電樞端電壓： $V = 75 \times 2V = 150V$
 (c) 電樞電流： $I = 6 \text{路} \times 10A = 60A$
 (d) 輸出功率： $P = 150V \times 60A = 9kW$

(2) 單分波繞：
 (a) 電流路徑數： $a = 2m \Rightarrow a = 2 \times 1 = 2$
 (b) 每一路徑串聯導體數： $Z' = 450 / 2 = 225$ 根，電樞端電壓： $V' = 225 \times 2V = 450V$
 (c) 電樞電流： $I' = 2 \text{路} \times 10A = 20A$
 (d) 輸出功率： $P' = 450V \times 20A = 9kW$

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 4-1 1. 直流發電機與直流電動機構造相同，可以互換使用。
- 4-2 2. 直流電機的定子磁場鐵心內部裝有磁場繞組，當外加入直流電後可以產生磁場。轉子電樞鐵心內繞有電樞繞組並連接到換向器。
- 4-3 3. 除了小型電機採用永久磁鐵外，一般直流電機為了方便控制大多採用電磁鐵式，只要改變電流強弱與方向可以調節磁通量與磁極方向。
4. 磁場繞組分為(1)分激磁場繞組(線細多匝)、(2)串激磁場繞組(線粗少匝)以及(3)複激磁場繞組(同時繞有分激磁場繞組及串激磁場繞組)。
- 4-4 5. 直流發電機電樞繞組產生的交流電經過換向器轉成直流後，再透過電刷將電流傳遞給負載使用。
- 4-5 6. 電樞鐵心大多採用含矽量1~2%，厚度0.35~0.5mm的矽鋼薄片疊置而成。鐵心加矽可以減少磁滯損，採用薄片疊積可以減少渦流損。鐵心設計成斜型槽，目的是在減少旋轉時的磁阻變化，以減少噪音與振動。
7. 放在線槽內能夠切割磁通的有效導體部分稱為線圈邊，一個線圈會依據需要繞成不同匝數，但總歸為兩個有效線圈邊。
8. 電機角(θ_e)與機械角(θ_m)需要轉換時： $\theta_e = \frac{P}{2} \times \theta_m$ 。
9. 相鄰兩磁極間的距離稱為極距；其值為 $\frac{\text{總槽數}S}{\text{極數}P}$ 。
10. 同一個線圈兩邊間的跨距稱為線圈節距。線圈節距等於極距(=180°電工度)者稱為全節距。略小於極距(<180°電工度)稱為部份節距。
11. 疊繞電流路徑數 $a = mP$ ，適用於低壓大電流；採用前進繞可節省用銅量。4極以上疊繞必須使用均壓線，將相隔兩個極距(360°電機角)的各點連接在一起，有利於換向也可延長電刷壽命。
12. 波繞電流路徑數 $a = 2m$ ，適用於高壓小電流，採用後退繞可節省用銅量，視情況必須使用虛設繞組，來維持機械平衡。
13. 電樞導體數量不變下，改變電樞繞組接法使得電流路徑數(a)變多，每個路徑所能連接的導體數目(Z)變少，輸出電壓(V)降低，電樞電流(I_a)變大，整機功率(P)維持不變。
14. 蛙腿繞由將單分疊繞與 $P/2$ 分波繞組成，電流路徑數 $a = 2P$ 。

鍛鍊本解答—大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P4-4~4-6

課外題

一、精選題

- (C) 1. 某 4 極電機，電樞繞組共有 32 個線圈，採雙層、單分疊繞，若電樞繞組每個線圈電阻為 0.2Ω ，則電樞總電阻 R_a 為 (A) 6.4Ω (B) 1.6Ω (C) 0.4Ω (D) 0.2Ω 。

解 單分疊繞 $a = mP = 4$ 路，每個路徑分配到 $32/4 = 8$ 個線圈，每個路徑電阻為 $0.2 \times 8 = 1.6\Omega$ ，四個路徑並聯後電樞總電阻 $R_a = \frac{1.6}{4} = 0.4\Omega$

- (A) 2. 8 極、40V、80A 的單分疊繞直流發電機，若電樞改為單分波繞，則改裝後的電壓及電流分別為

(A) $160V$ 、 $20A$ (B) $20V$ 、 $160A$ (C) $320V$ 、 $10A$ (D) $320V$ 、 $20A$ 。

解 電樞由單分疊繞($a = mP = 1 \times 8 = 8$)改成單分波繞($a = 2m = 2 \times 1 = 2$)，電流路徑數變成 $1/4$ ，因此總電壓變成原來的 4 倍($V' = 40V \times 4 = 160V$)，總電流變成原來的 $1/4$ ($I' = 80A \times 1/4 = 20A$)

- (A) 3. 直流發電機若採用疊繞時所加裝之均壓線上的電流型態為

(A)交流電 (B)直流電 (C)脈動直流 (D)視機型而定。

解 疊繞時所加裝之均壓線位於電樞內部，因此電流型態為交流電

二、情境題

- (D) 4. 小楊在做完直流機電樞繞組疊繞及波繞實驗後，就單重繞組而言做出以下四個結論，有關小楊的結論，是否有要修正的地方？

a. 疊繞之電流路徑數等於極數

b. 疊繞較適於低電壓大電流

c. 波繞之電流路徑數為 2

d. 波繞需有均壓環連接

(A)4 個結論均正確 (B)4 個結論均錯誤 (C)結論 2「疊繞」需改成「波繞」

(D)結論 4 改成波繞不需均壓環。

解 a、b、c 均正確，d：均壓線用於疊繞

(C) 5. 小陳在繞製六極直流發電機時，若電樞導體數一定，轉速相同，繞成單分疊繞時，每一導體產生之感應電勢，為繞成單分波繞時每一導體之感應電勢的幾倍？

(A)1/6 倍 (B)1/3 倍 (C)相同 (D)3 倍。

解 每根導體感應電勢與繞組接法無關

鍛鍊本解答—高手過招

(D) 1. 某 8 極直流發電機，當電樞繞成單分疊繞，其感應電勢為 200V、電樞電流為 150A。在電樞導體數固定下，若改成雙分波繞，則感應電勢及電樞電流分別為何？ 【108 統測】

(A)50V、600A (B)100V、300A (C)300V、100A (D)400V、75A。

解 單分疊繞： $a = mp = 1 \times 8 = 8$ ，雙分波繞： $a = 2m = 2 \times 2 = 4$

$$V = 200 \times \frac{8}{4} = 400V, I = 150 \times \frac{4}{8} = 75A$$

(A) 2. 一部 4 極直流發電機，電樞總導體數為 800 根，每極磁通量為 0.1 韋伯，電樞轉速為 600rpm，若發電機要產生 400V 的感應電動勢，則可選擇下列何種繞線方式？

(A)雙層雙分前進疊繞

(B)單層單分後退疊繞

(C)雙層單分前進波繞

(D)單層雙分後退波繞。 【106 統測】

解 $E = \frac{PZ\phi n}{60a}$ $400 = \frac{4 \times 800 \times 0.1 \times 600}{60 \times a}$ ， $a = 8$

若為疊繞 $a = mp$ $8 = m \times 4$ ， $m = 2$ 採雙分疊繞

若為波繞 $a = 2m$ $8 = 2 \times m$ ， $m = 4$ 採四分波繞(無此答案)

(A) 3. 下列有關直流發電機的繞組接線之敘述，何者正確？

(A)分激場繞組與電樞繞組並聯

(B)補償繞組與電樞繞組並聯

(C)中間極繞組與電樞繞組並聯

(D)串激場繞組與電樞繞組並聯。 【105 統測】

(D) 4. 某六極直流發電機，若其電樞導體數一定，則繞成單式(分)疊繞時，其電流額定值為繞成單式(分)波繞時的多少倍？ (A)6 (B)5 (C)4 (D)3。 【104 統測】

解 額定電流與電流路徑成正比

$$\text{單分疊繞 } a = mp = 1 \times 6 = 6, \text{ 單分波繞 } a = 2m = 2 \times 1 = 2, \frac{6}{2} = 3 \text{ 倍}$$

