



CH8 直流電動機之原理

8-1 直流電動機基本原理

隨堂練習解答

課本 P178

- (B) 1. 一台 6 極直流電動機，每極磁通量為 0.06 Wb，電樞總導體數為 360 根，電樞輸入的電流為 50 A，電樞之並聯路徑數為 6，試求產生的電磁轉矩為多少公斤-米？
(A) 9.8 (B) 17.55 (C) 96.04 (D) 172。

解 $T = \frac{6 \times 360}{2\pi \times 6} \times 0.06 \times 50 = \frac{540}{\pi} (\text{nt-m}) = \frac{540}{9.8\pi} (\text{kg-m}) = 17.55 (\text{kg-m})$

- (C) 2. 同上題，倘若電樞電流變成 40 A，則每極磁通量應該調整為多少韋伯，才能維持轉矩不變？ (A) 1.25 (B) 0.8 (C) 0.075 (D) 0.048。

解 已知電流 I_a 變成 $\frac{4}{5}$ 倍，由於 $T = K\phi I_a$ ，欲維持轉矩 T 不變

則磁通量 ϕ 變成 $\frac{5}{4}$ 倍，為 0.075 韋伯

自我評量解答

課本 P185

一、選擇題

- 8-1 (A) 1. 直流電動機，換向器功用是

- (A)將電源的直流電改變為交流電輸入電樞繞組
- (B)將電源的交流電改變為直流電輸入電樞繞組
- (C)將電樞繞組的交流電改變為直流電輸出
- (D)將電樞繞組的直流電改變為交流電輸出。

- (A) 2 轉矩單位為 (A)牛頓-公尺 (B)牛頓 (C)特斯拉 (D)瓦特。

(A) 3. 直流電動機轉矩與下列何者成反比？

(A)電樞並聯路徑數 (B)極數 (C)導體數 (D)磁通量。

解 $T = \frac{PZ}{2\pi a} \times \phi \times I_a$ ，故與電樞並聯路徑數成反比

(A) 4. 4 極直流電動機，電樞導體為 800 根，每極磁通量 5×10^{-3} Wb，電樞並聯路徑為 4，若電樞輸入電流 100 A，則電動機轉矩為多少？

(A)6.5 kg-m (B)13 kg-m (C)63.7 kg-m (D)127.4 kg-m。

解 $T = \frac{PZ}{2\pi a} \times \phi \times I_a = \frac{4 \times 800}{2 \times \pi \times 4} \times 5 \times 10^{-3} \times 100 = 63.7 \text{ nt-m} = 6.5 \text{ kg-m}$

(B) 5. 某一直流電動機的電樞電流為 60 A，產生 120 nt-m 的轉矩，若磁場降低為原來的 80%，則電樞電流要增加到多少安培才能產生 160 nt-m 之新轉矩？

(A)90 A (B)100 A (C)120 A (D)160 A。

解 磁通減為 80% ($\frac{4}{5}$ 倍)，轉矩變為 $\frac{4}{3}$ 倍， $T = K\phi I_a \Rightarrow I_a \propto \frac{T}{\phi} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{4}{5}} = \frac{5}{3}$ 倍

因此電流必須增加到 $60 \times \frac{5}{3} = 100 \text{ A}$

(D) 6. 某一直流電動機當電流為 50 A 時，產生 60 nt-m 之轉矩，若將其磁場減少 25%，而線路電流增為 80 A，則轉矩變為多少？

(A)96 kg-m (B)72 kg-m (C)24 kg-m (D)7.35 kg-m。

解 磁通變成 $\frac{3}{4}$ 倍，電流變成 $\frac{8}{5}$ 倍， $T' = K\phi I_a \Rightarrow T' = \frac{3}{4} \times \frac{8}{5} = 1.2$ 倍

$T' = 60 \times 1.2 = 72 \text{ nt-m} = 7.35 \text{ kg-m}$

(A) 7. 直流電動機之轉矩大小與磁通量及電樞電流兩者之關係為

(A)皆成正比

(B)皆成反比

(C)與磁通量成正比，電樞電流成反比 (D)與磁通量成反比，電樞電流成正比。

(B) 8. 欲使直流電動機的電樞循同一方向持續旋轉，則電樞導體中之電流在經過

(A)與磁場平行之平面

(B)與磁場垂直之平面

(C)與磁場平行與垂直之平面

(D)極軸 須經換向手續，否則其將產生左右搖擺現象。

解 直流電動機經過磁中性面時(與磁場垂直之平面)電樞導體需要換向

- 8-2 (B) 9. 有一部直流電動機，當其輸出為 6 kW 時，測得轉矩為 9.8 kg-m，則電動機的轉速應為多少？ (A)489 rpm (B)597 rpm (C)890 rpm (D)1780 rpm。

$$\text{解 } T = \frac{60P_o}{2\pi n} \Rightarrow n = \frac{60P_o}{2\pi T} = \frac{60 \times 6000}{2\pi \times (9.8 \times 9.8)} = 596.9 \text{ rpm}$$

- (B) 10. 電樞的角速度為 314 弧度/秒，則相當於

(A)3600 rpm (B)3000 rpm (C)1500 rpm (D)1200 rpm。

$$\text{解 } \omega = \frac{2\pi n}{60} \Rightarrow n = \frac{60 \times \omega}{2\pi} = \frac{60 \times 314}{2 \times 3.14} = 3000 \text{ rpm}$$

- (A) 11. 直流電動機之輸出功率是

(A)轉矩×角速度 (B)反電動勢×電樞電流
(C)滿載端電壓×滿載輸入電流 (D)滿載端電壓×電樞電流。

$$\text{解 } P_o = \frac{2\pi n}{60} \times T = \omega \times T$$

- (D) 12. 電動機使用減速機之目的，在於

(A)降低起動電流 (B)增加轉速 (C)減少噪音 (D)提高轉矩。

- (D) 13. 4 極，1800 rpm 之直流電動機，其轉矩為 2 kg-m，此電動機透過一組齒輪比為 1 : 3 來帶動機器，忽略損失情形下，輸出轉矩及轉速為多少？

(A)2/3 kg-m、5400 rpm (B)2/3 kg-m、600 rpm
(C)6 kg-m、5400 rpm (D)6 kg-m、600 rpm。

解 齒輪比為 1 : 3，代表轉速變成 1/3 變成 600rpm，轉矩變大 3 倍變成 6kg-m

二、問答題

1. 有一台 250 伏特、4 極直流電動機，電樞繞組總導體數為 600 根，電流路徑數為 6 路，每極磁通量為 0.04 韋伯，滿載時測得電樞電流為 31.4 A，轉速為 720 rpm，請問本機滿載時：(1)轉矩為多少牛頓-米、(2)輸出功率、(3)輸入功率、(4)效率為何？

$$\begin{aligned} \text{解 } (1) \text{ 轉矩 } T &= \frac{4 \times 600}{2\pi \times 6} \times 0.04 \times 31.4 = 80(\text{nt-m}) \\ (2) \text{ 輸出功率 } P_o &= \frac{2\pi n T}{60} = \frac{2\pi \times 720 \times 80}{60} = 6028 \text{ W} \\ (3) \text{ 輸入功率 } P_{in} &= V \times I = 250 \text{ V} \times 31.4 \text{ A} = 7850 \text{ W} \\ (4) \text{ 效率 } \eta &= \frac{P_o}{P_{in}} \times 100\% = \frac{6028 \text{ W}}{7850 \text{ W}} \times 100\% = 76.8\% \end{aligned}$$

2. 有一台 200 伏特、1 馬力直流電動機，銘牌上標示效率為 74.6 %，額定轉速為 900 轉／分，試求此機滿載時：(1)輸出功率、(2)輸入功率、(3)輸入電流、(4)轉矩為多少公斤-米？

● (1) 滿載時輸出功率為 1 馬力，即 746 瓦特

$$(2) \text{ 輸入功率 } P_{in} = \frac{P_o}{\eta} = \frac{746W}{0.746} = 1000W$$

$$(3) \text{ 輸入電流 } I = \frac{P_{in}}{V} = \frac{1000W}{200V} = 5A$$

$$(4) \text{ 轉矩 } T = \frac{60P_o}{2\pi n} = \frac{60 \times 746}{2\pi \times 900} = 7.92 \text{ nt-m}$$

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 8-1 1. 左手的中指、食指、拇指三根手指彼此垂直打開，以中指為「導體電流」方向、食指為「磁場」方向、則拇指代表「導體作用力」方向，當三者彼此垂直時作用力最強，稱為弗萊明左手定則。
2. 帶電導體在磁場中產生的電磁力大小為 $F = B\ell I \sin \theta$ (nt)
- 8-2 3. 轉矩 T 就是促使物體產生迴轉的力量，其大小就是作用力 F (nt) 乘以力與旋轉軸中心的垂直距離 r (m)，常用單位為 牛頓-公尺(nt-m)。
4. 單一線圈通電後在磁場中產生的轉矩會隨著線圈位置而呈現脈動現象，因此轉矩 $T = 2 \times F \times r \times \cos \theta$ (nt-m)。
5. 大型直流電動機的定子用磁場繞組取代永久磁鐵；而轉子鐵心會有許多線槽容納更多線圈，以得到更穩定的啟動及運轉特性。
6. 整部直流電動機的轉矩 $T = \frac{PZ}{2\pi a} \times \phi \times I_a$ (nt-m)。
7. 直流電動機的轉矩簡化為 $T = K\phi I_a$ ，亦即電動機轉矩(T)與磁通量(ϕ)以及電樞電流(I_a)成正比。
8. 當電動機受到外力牽制而無法繼續旋轉，兩者處於平衡狀態時所得的轉矩稱為電動機的「最大轉矩」或是「停頓轉矩」。
9. 電動機的轉速(n)通常以轉軸一分鐘的旋轉次數表示，常用單位為rpm；也可以用一秒鐘的旋轉次數表示，其單位為rps。兩者關係為： $\text{rps} = \frac{\text{rpm}}{60}$ 。
10. 電動機運轉過程中有關電壓、電流、功率、轉速等數值都繪標示於銘牌上，這些標示的數值稱為「額定值」或是「滿載值」。

11. 電動機外加電壓(V)後，電流(I)開始流動，因此輸入功率為 $P_{in} = V \times I(W)$ 。
12. 電動機輸出功率(P_o)與轉速(n)、轉矩(T)之關係為： $P_o = \frac{2\pi n}{60} \times T(W)$ 。
13. 電動機輸入電功率與輸出機械功率的比值稱為效率(η)，即 $\eta = \frac{P_o}{P_{in}} \times 100\%$ 。
14. 同一部電動機輸出功率(P_o)相同下，使用齒輪將轉速(n)降低、則輸出轉矩(T)就會 增大。
15. 電動機軸端的機械負載會隨時改變，造成電動機的轉速(n)、轉矩(T)、向電源取用的電流(I)以及功率等數值也會隨時變動。不同機種的變化情形差異很大，必須依據需要選擇適合的電動機。

鍛鍊本解答—大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P8-1~8-4

課外題

一、精選題

- (D) 1. 一 8 極直流電動機，電樞旋轉角速度為 157 弧度/秒，則導體經過一磁極所需之時間為 (A)25 秒 (B)1/25 秒 (C)1/100 秒 (D)1/200 秒。

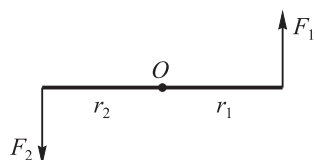
解 $\omega = 2\pi \times \text{rps} \Rightarrow \text{轉速} = \frac{157}{2\pi} \text{rps} = 25 \text{rps}$ ，每轉 1 圈需要 1/25 秒，經過一磁極需要轉 1/8 圈，需要 1/200 秒

- (B) 2. 某部直流電動機之電樞電流為 50A 時，其產生的轉矩為 100nt-m，若磁場強度減為原來的 80%，而電樞電流增為 80A 時，則其產生的轉矩變為多少？
(A)125nt-m (B)128nt-m (C)131nt-m (D)134nt-m。

解 $T = K\phi I_a \Rightarrow T' = 100 \times 0.8 \times \frac{80}{50} = 128 \text{nt-m}$

(D) 3. 如圖(1)所示，若 $F_1 = F_2$ ， $r_1 = r_2$ ，則在 O 點產生的轉矩 T 之敘述，何者錯誤？

- (A) $2F_1 \times r_1$ (B) $F_1(r_1 + r_2)$ (C) $F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2$ (D) $F_1 \times F_2 + r_1 \times r_2$ 。



圖(1)

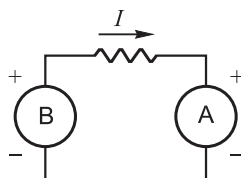
解 O 點產生的轉矩 $T = F_1 \times r_1 + F_2 \times r_2$ ，由於 $F_1 = F_2$ ， $r_1 = r_2$ ，因此
 $T = 2F_1 r_1 = F_1(r_1 + r_2)$

二、情境題

(D) 4. 楊老師將 A、B 兩台直流電機及一個電阻器，接成圖(2)所示，並測量電壓極性及電流方向標示於圖(2)，則 A、B 兩台直流電機分別為？

- (A) A、B 皆為發電機 (B) A、B 皆為電動機
 (C) A 為發電機，B 為電動機 (D) A 為電動機，B 為發電機。

解 電流由電源正端流出。本題電流由 B 機正端流出，因此 B 機為發電機



圖(2)

(C) 5. 小陳在做直流電動機實驗時，若將輸入電壓，及輸出功率設定為定值，將轉速逐漸增加，記錄轉矩的變化，記錄結果轉矩將會

- (A) 隨轉速增加而變大 (B) 不變 (C) 隨轉速增加而變小 (D) 不一定。

解 $P = T \times \omega$ ，若 P (功率) 固定，則 T (轉矩) 與 ω (角速度) 成反比

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \omega \text{ (角速度) 與 } n \text{ (轉速) 成正比}$$