



## CH9 直流電動機之構造

### 9-1 直流電機的基本構造

#### 隨堂練習解答

課本 P189

- ( 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。
- ( A ) 2. 下列何者不屬於直流機的轉子？  
(A)電刷 (B)換向器 (C)轉軸 (D)電樞繞組。
- ( C ) 3. 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。
- ( C ) 4. 4 極直流電動機，若電樞採用單分疊繞組與單分波繞，其電流路徑數分別為？  
(A) 2、2 (B) 2、4 (C) 4、2 (D) 4、4。

**解** 單分疊繞組電流路徑數： $a = mP = 1 \times 4 = 4$

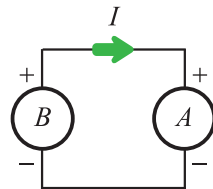
單分波繞組電流路徑數： $a = 2m = 2 \times 1 = 2$

### 9-2 直流電機的比較

#### 隨堂練習解答

課本 P190

- ( B ) 1. 有關直流電動機換向片的功能，何者正確？  
(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。
- ( C ) 2. 如圖所示，下列何者正確？  
(A) A、B 皆為電動機  
(B) A、B 皆為發電機  
(C) A 為電動機、B 為發電機  
(D) A 為發電機、B 為電動機。



**解** 發電機的電流由正端流出，電動機的電流由正端流入，  
因此 B 為發電機、A 為電動機

## 自我評量解答

課本 P191

### 一、選擇題

9-1 ( B ) 1. 下列何者不是構成磁路的一部分？

(A)場軛 (B)電刷 (C)電樞鐵心 (D)空氣隙。

( D ) 2. 將電源電流引入直流電動機之轉子電樞中的機構是

(A)轉軸 (B)軸承 (C)場軛 (D)電刷。

( D ) 3. 電樞採用斜形槽結構，目的為減少

(A)渦流損 (B)起動電流 (C)火花 (D)雜音。

( A ) 4. 必須使用均壓線之繞組是

(A)疊形繞組 (B)波形繞組 (C)蛙腿式繞組 (D)二重波繞。

( A ) 5. 繞組中，虛設線圈其主要目的為

(A)機械平衡 (B)電路平衡 (C)外表美觀 (D)增加轉矩。

( D ) 6. 有一部 6 極直流電機，電樞繞組分別採用雙分疊繞與雙分波繞，則並聯路徑數分別為 (A)2, 6 (B)4, 12 (C)6, 2 (D)12, 4。

**解** 雙分疊繞： $a = mP = 2 \times 6 = 12$ ，雙分波繞： $a = 2m = 2 \times 2 = 4$

( C ) 7. 有一部 6 極直流電動機若其電樞導體數一定，則繞成單分疊繞時的電流路徑數為單分波繞時之 (A)1/3 倍 (B)1/2 倍 (C)3 倍 (D)6 倍。

**解** 單分疊繞： $a = mP = 1 \times 6 = 6$ ，單分波繞： $a = 2m = 2 \times 1 = 2$

( A ) 8. 直流機電樞繞組有疊繞與波繞，就單重繞組而言，此兩種繞法之下列敘述哪一項錯誤？

(A)波繞須有均壓環連接

(B)疊繞較適於低電壓，大電流

(C)波繞之電流路徑數為 2

(D)疊繞之電流路徑數等於極數。

**解** 疊繞才需要均壓環

( C ) 9. 電樞繞組就節省材料而言，疊繞與波繞之正確接法為

(A)均為前進繞法

(B)均為後退繞

(C)前進疊繞、後退波繞

(D)後退疊繞、前進波繞。

( C ) 10. 直流電動機，換向器功用是

(A)將電樞繞組的交流電改變為直流電輸出

(B)將電樞繞組的直流電改變為交流電輸出

(C)將電源的直流電改變為交流電輸入電樞繞組

(D)將電源的交流電改變為直流電輸入電樞繞組。

9-2

( D )11. 電樞導體之電流為直流者係

- (A)串激直流電動機 (B)分激直流電動機  
(C)複激直流發電機 (D)以上皆錯誤。

解 電樞導體內部電流均為交流電

( A )12. 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 轉矩  $T = \frac{PZ}{2\pi a} \times \phi \times I_a$ ，與電樞並聯路徑數  $a$  成反比

( A )13. 一個 4 極的直流電機， $90^\circ$ 電機角等於

- (A) $45^\circ$ 機械角 (B) $90^\circ$ 機械角 (C) $180^\circ$ 機械角 (D) $270^\circ$ 機械角。

解  $\theta_e = \frac{P}{2} \theta_m$ ， $90^\circ = \frac{4}{2} \times \theta_m \Rightarrow \theta_m = 45^\circ$

( A )14. 某 6 極 36 槽直流電動機，電樞繞組採雙層、單式疊繞、短節距繞，若電樞繞組某線圈的一個線圈邊置於第 10 槽，另一個線圈邊可能置於第

- (A)15 槽 (B)16 槽 (C)17 槽 (D)18 槽。

解 極距  $= \frac{36 \text{ 槽}}{6 \text{ 極}} = 6 \text{ 槽}$ ，若採用全節距繞組，則線圈的另一邊要在  $10 + 6 = 16$  槽，

短節距繞組則最有可能置於第 15 槽

9-2 ( A )15. 直流電動機電樞繞組內部的電流現象為

- (A)交流 (B)直流 (C)交直流均有 (D)視機型而定。

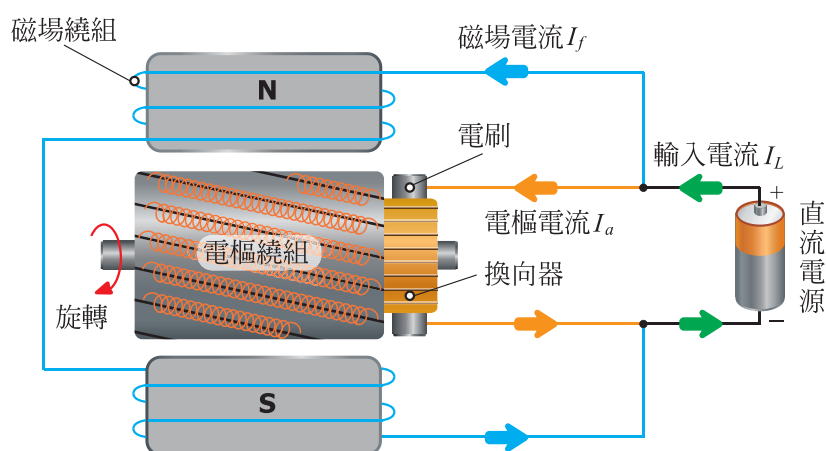
( B )16. 直流電動機磁場繞組的電流為

- (A)交流 (B)直流 (C)交直流均有 (D)視機型而定。

## 二、問答題

1. 畫圖說明直流分激電動機的基本運作原理。

解 電流由電源的正端流出後，一部分進入磁場繞組稱為磁場電流( $I_f$ )，其目的是讓磁場繞組發射磁通 $\phi$ 。而大部分的電流則會經由電刷、換向器而進入電樞繞組，此電流稱為電樞電流( $I_a$ )。依據弗萊明左手定則得知，電樞電流( $I_a$ )與定子磁通( $\phi$ )作用，使得電樞繞組產生作用力而開始旋轉。轉矩  $T = K\phi I_a$  會與定子磁通( $\phi$ )及電樞電流( $I_a$ )成正比。



## 2. 直流分激式發電機做為電動機使用時，主要差異有哪些？

**解** (一) 能量轉移方式不同：

1. 直流分激發電機：將機械能轉變成直流電能。
2. 直流分激電動機：將直流電能轉變成機械能。

(二) 電流方向不同：

1. 直流分激發電機：電樞電流( $I_a$ )等於磁場電流( $I_f$ )與負載電流( $I_L$ )之和，電流關係為  $I_a = I_L + I_f$ 。
2. 直流分激電動機：線路電流( $I_L$ )等於磁場電流( $I_f$ )與電樞電流( $I_a$ )之和，電流關係為  $I_L = I_a + I_f$ 。

直流分激式做為發電機與電動機使用時，電樞電流( $I_a$ )方向相反，而分激磁場繞組電流( $I_f$ )方向不變。

(三) 電刷的功能不同

1. 直流分激發電機：將電樞換向完成後的直流電傳遞給負載使用。
2. 直流分激電動機：將電源所供應的直流電傳遞給換向器。

(四) 換向器的功能不同

1. 直流分激發電機：將電樞繞組感應產生的交流電轉換成直流電，再透過電刷輸送給外部的直流負載使用。
2. 直流分激電動機：將電刷傳遞進來的直流電轉換成交流電，再提供電樞繞組使用。

## 3. 直流串激式發電機做為電動機使用時，主要差異有哪些？

解 (一) 能量轉移方式不同：

1. 直流串激發電機：將機械能轉變成直流電能。
2. 直流串激電動機：將直流電能轉變成機械能。

(二) 電流方向不同：

1. 直流串激發電機：電樞電流( $I_a$ )等於串激磁場電流( $I_s$ )等於負載電流( $I_L$ )，電流關係為  $I_a = I_s = I_L$ 。
2. 直流串激電動機：線路電流( $I_L$ )等於串激磁場電流( $I_s$ )等於電樞電流( $I_a$ )，電流關係為  $I_L = I_s = I_a$ 。

直流串激式做為發電機與電動機使用時，電樞電流( $I_a$ )方向相反，串激磁場繞組電流( $I_f$ )方向也相反。

(三) 電刷的功能不同

1. 直流串激發電機：將電樞換向完成後的直流電傳遞給負載使用。
2. 直流串激電動機：將電源所供應的直流電流傳遞給換向器。

(四) 換向器的功能不同

1. 直流串激發電機：將電樞繞組感應產生的交流電轉換成直流電，再透過電刷輸送給外部的直流負載使用。
2. 直流串激電動機：將電刷傳遞進來的直流電轉換成交流電，再提供電樞繞組使用。

## 鍛鍊本解答－嚴選精華

- 9-1 1. 電刷負責在旋轉部件與靜止部件之間傳導電流，對於直流電動機而言，外部的直流電源透過電刷與轉子的換向器持續接觸，以便將電流持續送入電樞繞組內。
2. 直流電動機的電樞繞組以適當方式(疊繞或波繞)放入電樞鐵心的線槽中，並將引接線連接在換向器上，之後將整個轉子放入定子磁場內。
3. 電樞採用疊繞時，線圈兩邊相隔約一個極距，引接線接在相鄰的換向片上。

4. 疊繞電流路徑數： $a = mP$ ，電流路徑數多，常用於低壓大電流或大容量的直流電機。
5. 疊繞會使用均壓線將相隔兩個極距( $360^\circ$ 電機角)的各點連接在一起，避免因為磁極強度差異造成電壓不同，導致電刷發生火花。
6. 電樞採用波繞時，線圈兩邊相隔約一個極距，但是引接線接近兩個極距。
7. 波繞的電流路徑數： $a = 2m$ ，由於電流路徑數較少，常用於高壓小電流或是中、小容量的直流電機。
8. 波繞遇到電樞鐵心的線槽數目與線圈數無法搭配時會裝入虛設線圈，以維持運轉時的機械平衡。

9-2 9. 直流電機可依需要做為直流發電機或是直流電動機使用，構造都相同。

## 鍛鍊本解答－大顯身手

### 課內題

詳解請參考自我評量解答 P9-2～9-5

### 課外題

#### 一、精選題

- (A) 1. 有一部 6 極 36 槽直流電動機，電樞繞組採雙層、單式疊繞、短節距繞，若電樞繞組某線圈的一邊置於第 10 槽，線圈的另一邊可能置於第 (A)15 槽 (B)16 槽 (C)17 槽 (D)18 槽。
- 解** 極距 =  $36 \text{ 槽} \div 6 \text{ 極} = 6 \text{ 槽}$ ，若是採用全節距，則線圈的另一邊要放在  $10 + 6 = 16 \text{ 槽}$  (短節距，則以第 15 槽最有可能)

( B ) 2. 有關直流電機的換向器功能，下列何者錯誤？

- (A)安裝於轉子
- (B)屬於磁路的一部分
- (C)直流電動機的換向器將直流電變成交流電
- (D)直流發電機的換向器將交流電變成直流。

**解** 換向器與磁路無關

( C ) 3. 直流電機繞組中使用虛設線圈，其主要目的為何？

- (A)改善功率因數 (B)幫助電路平衡 (C)幫助機械平衡 (D)節省成本。

**解** 直流電機電樞採用波繞時，有時設計時會造成空槽，此時可以在此槽內裝入繞組，但不與其它繞組接線，稱為虛設繞組，可防止電樞旋轉時造成機械上不平衡的現象

## 二、情境題

( A ) 4. 小楊在做實驗前，對一部 240 伏特、3 馬力分激式的直流電動機，進行繞組電阻值之測量，電樞電阻以  $R_a$  表示，磁場繞組電阻以  $R_f$  表示，則量測出來之電阻值下列何者較有可能？

- (A) $R_a = 1\Omega$ ， $R_f = 240\Omega$
- (B) $R_a = 1\Omega$ ， $R_f = 1\Omega$
- (C) $R_a = 240\Omega$ ， $R_f = 240\Omega$
- (D) $R_a = 240\Omega$ ， $R_f = 1\Omega$ 。

( D ) 5. 有四位同學在討論有關直流電機的電刷功能，那位同學的觀念是錯誤的？

小楊：直流電動機的電刷是將電源的直流電傳給換向器。

小明：直流發電機的電刷是將換向完成的直流電傳給負載。

小陳：直流電動機的電樞電流由正電刷流入電樞

小仁：直流發電機的電樞電流由正電刷流入電樞。

- (A)小楊 (B)小明 (C)小陳 (D)小仁。

## 鍛鍊本解答－高手過招

( D ) 1. 有關直流電機電樞繞組之繞製方法，下列敘述何者正確？ 【103 統測】

- (A)使用波繞時需有均壓線，疊繞時不需有均壓線
- (B)波繞適用於低電壓大電流之電機，疊繞適用於高電壓低電流之電機
- (C)波繞時所需之換向片距小於疊繞時所需之換向片距
- (D)波繞時使用後退繞法較節省導線用量，疊繞時前進繞法較節省導線用量。

**解** 疊繞時換向片距等於繞組分數，採用前進繞法較節省導線用量，適用於低電壓大電流之電機，需有均壓線。波繞時換向片距接近兩個極距，採用後退繞法較節省導線用量，適用於高電壓低電流之電機，不需有均壓線，但是可能需要虛設繞組

( C ) 2. 直流電機繞組中使用虛設線圈，其主要目的為何？

- (A)改善功率因數
- (B)幫助電路平衡
- (C)幫助機械平衡
- (D)節省成本。 【99 統測】

**解** 直流電機電樞採用波繞時，有時設計時會造成空槽，此時可以在此槽內裝入繞組，但不與其它繞組接線，稱為虛設繞組，可防止電樞旋轉時造成機械上不平衡的現象