



CH10 直流電動機之一般性質

10-1 電樞反應的現象

隨堂練習解答

課本 P198

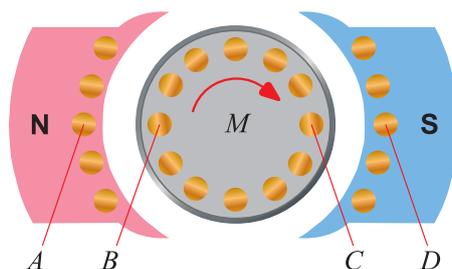
- (A) 1. 直流電機電樞反應之交磁與去磁部分，分別與主磁場方向
(A)垂直、相反 (B)相反、垂直 (C)相同、相反 (D)相同、垂直。
- (D) 2. 有關直流電動機電樞反應的影響，下列敘述何者錯誤？
(A)造成磁中性面偏移 (B)總磁通方向發生畸斜 (C)轉速增加 (D)轉矩增加。
- 解** 電樞反應的交磁現象造成磁通方向畸斜、磁中性面偏移，去磁現象造成總磁通減少，導致轉速 $n = \frac{E}{K\phi}$ 增加，；轉矩 $T = K\phi I_a$ 減少。

10-2 電樞反應的對策

隨堂練習解答

課本 P199

- (B) 1. 如圖所示，電樞導體 B 的電流方向為
(A)無電流 (B) \odot (C) \oplus (D)無法判斷。



- 解** 本題為直流電動機，順時針旋轉時，電樞導體 B 必須產生向上的電磁力，依據弗萊明左手定則，電樞導體 B 的電流方向為流出紙面
- (B) 2. 同上題，補償繞組導體 D 的電流方向為
(A)無電流 (B) \odot (C) \oplus (D)無法判斷。
- 解** 電樞導體 C 的電流方向為流入紙面。補償繞組電流方向須與電樞導體方向相反，因此補償繞組導體 D 為流出紙面

- (B) 3. 直流電動機需裝設換向磁極以消除電樞反應，該換向磁極之極性
(A)沿旋轉方向遇同極性之主磁極 (B)沿旋轉方向遇異極性之主磁極
(C)旋轉反方向遇異極性之主磁極 (D)與主磁極之極性無關。

10-3 換向

隨堂練習解答

課本 P201

- (B) 1. 直流電動機低速換向時，將使得電刷
(A)前端發生火花 (B)後端發生火花 (C)不發生火花 (D)不一定。
解 低速換向末期電流急遽變化，造成電刷的後刷邊電流密度過大，容易燒毀
- (B) 2. 下列何者不是直流機獲得良好換向的條件？
(A)減少電感 (B)減少電刷接觸電阻 (C)降低轉速 (D)移動電刷。
解 提高電刷的接觸電阻可以降低短路時所產生的環流
- (B) 3. 直流機使用中間極的主要目的是
(A)增強主磁場 (B)改善換向 (C)抵消電樞反應 (D)減少噪音。

自我評量解答

課本 P202

一、選擇題

- 10-1 (D) 1. 無補償繞組之直流電動機，其電樞反應將造成
(A)前、後極尖磁通均減弱 (B)前極尖磁通減弱、後極尖磁通增強
(C)前、後極尖磁通均增強 (D)前極尖磁通增強、後極尖磁通減弱。
- (B) 2. 電樞反應結果，使直流電動機的電機中性面
(A)順著轉向移動一個角度 (B)逆著轉向移一個角度
(C)維持不變 (D)視負載種類而定。
- (D) 3. 無中間極的直流電動機，若電刷順著轉向移動，則電樞反應產生
(A)僅有交磁效應 (B)僅有去磁效應
(C)交磁、去磁效應同時存在 (D)交磁、助磁效應同時存在。
- 10-2 (A) 4. 有關減少電樞反應的方法，下列敘述何者錯誤？
(A)減少電樞磁路磁阻 (B)增加主磁極數目
(C)裝設補償繞組 (D)裝設中間極。
解 爲了減少電樞反應，會採用增加極尖空氣隙等方法，增加電樞磁路磁阻

(C) 5. 有關直流機補償繞組下列敘述何者錯誤？

- (A)可抵消電樞反應
- (B)補償繞組必須與電樞繞組串聯
- (C)補償繞組裝設在轉子線槽內
- (D)補償繞組的電流方向必須與對應的電樞繞組電流相反。

解 補償繞組裝設在主磁極的極面槽內

(C) 6. 直流電動機設置中間極之目的為

- (A)增強主磁場 (B)增強電樞磁場 (C)改善換向 (D)抵消電樞反應。

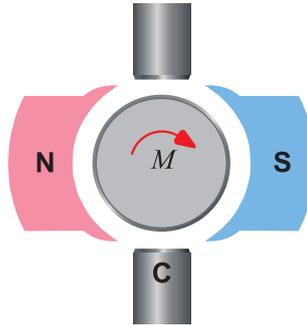
(C) 7. 欲消除電樞反應最有效的方法為下列哪一項？

- (A)中間極 (B)均壓線 (C)補償繞組 (D)移動電刷位置。

(A) 8. 一直流電動機 N、S 表主磁極，磁性 n、s 表換向磁極之磁性，則循電機之旋轉方向各極極性依序為 (A) NnSs (B) nNSs (C) nNsS (D) NsSn。

(B) 9. 如圖(1)所示為一部直流電動機，中間極 C 的極性為

- (A) N (B) S (C)都可以 (D)無法判斷。



圖(1)

解 直流電動機主磁極與中間極的關係為 \overline{NnSs}

(C) 10. 直流電機若沒有加裝中間極，為了避免換向時產生火花，則電刷移動方向為

- (A)均順著旋轉方向
- (B)均逆著旋轉方向
- (C)發電機：順著旋轉方向、電動機：逆著旋轉方向
- (D)發電機：逆著旋轉方向、電動機：順著旋轉方向。

- (D)11. 若有中間極之直流分激發電機當作電動機使用，則
- (A)電刷必須沿旋轉方向向後移動
 - (B)電刷必須沿旋轉方向向前移動
 - (C)電刷不必移動，但中間極上之線圈兩端要對調
 - (D)電刷不必移動，中間極亦不需對調。
- (D)12. 下列有關電樞反應的敘述，下列何者錯誤？
- (A)無論發電機或電動機均會有電樞反應
 - (B)消除電樞反應最有效的方法為裝置補償繞組
 - (C)補償繞組之安匝數應與其涵蓋面積下之電樞反應安匝數相等，方向相反
 - (D)補償繞組安裝於轉子槽內。
- (B)13. 有關電樞反應之敘述，下列何者錯誤？
- (A)電樞電流越大，電樞反應的影響程度會越明顯
 - (B)電樞電流越大，會導致發電機磁通下降，電動機磁通上升
 - (C)裝設中間極的電機，仍然無法全面抵消電樞反應
 - (D)直流電機若正確移刷，則電樞反應會含有交磁與去磁成分。
- 解** 電樞電流愈大，電樞反應的去磁效應愈大，磁通都會降低

- 10-3** (A)14. 換向時線圈之電抗電壓大於換向電勢，稱為
- (A)欠換向 (B)過換向 (C)直線換向 (D)正弦換向。
- 解** 線圈之電抗電壓大於換向電勢，造成換向初期電流變化慢，稱為欠(低速)換向
- (B)15. 直流電動機若電刷移位不足，將會產生
- (A)欠換向 (B)過換向 (C)直線換向 (D)正弦換向。

二、問答題

1. 何謂電樞反應？對直流電動機會造成哪些影響。

- 解** 直流電動機軸端機械負載開始增加時，電樞電流變大，電樞磁場對主磁場造成干擾現象稱為電樞反應，電樞反應對直流電動機的影響：
- (1) 前極尖磁通增多，後極尖磁通減少，受限於磁通飽和限制，總磁通減少。
 - (2) 磁中性面逆著旋轉方向偏移，因此電刷必須逆著轉向移動。
 - (3) 交磁效應，使得合成磁場發生畸斜，造成換向困難。
 - (4) 去磁效應，使得總磁通量減少，造成電動機轉矩降低，轉速上升。

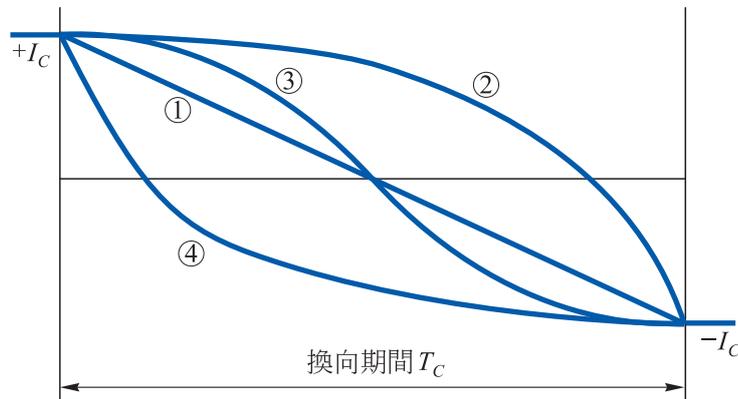
2. 爲了降低電樞反應，直流電動機的做法有哪些？

解 爲了降低電樞反應的影響，常有的做法有下列幾種方式：

- (一) 改良主磁極結構，增加電樞磁路磁阻：包括增加主磁極數目、增加磁極尖部的空氣隙、磁極鐵心採用單極尖的薄片疊置或是楞德爾磁極法。
- (二) 增設繞組：大型直流電機爲了妥善解決電樞反應在空間允許下會加裝新的繞組，包括：
 1. 裝設補償繞組：在主磁極的極面槽內安裝補償繞組，補償繞組採用線徑粗、匝數少之導線繞成後與電樞繞組串聯，但電流方向相反，是抵消電樞反應最有效的方法。
 2. 中間極法：又稱爲換向磁極，是裝設於各主磁極中間之狹長小磁極，用線徑粗、匝數少之導線繞成後與電樞串聯，極數通常與主磁極數相同。依據旋轉方向直流電動機主磁極(N、S)與中間極(n、s)的順序爲 NnSs。

3. 畫圖說明直流電動機的換向曲線？

解 直流電動機常見的換向曲線如圖所示：



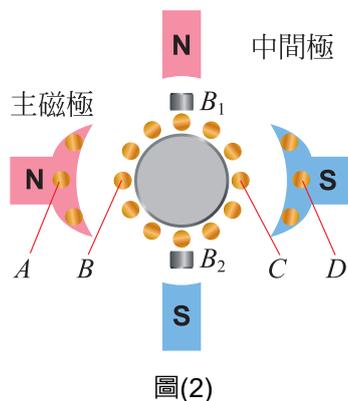
1. 直線換向：如圖曲線①所示，電刷不會產生火花，是最理想的換向曲線。
2. 低速換向：如圖曲線②所示，受到線圈電抗電壓的影響，換向開始時電流變化慢，直到換向末期，電流急遽變化，燒燬後刷邊及換向片表面。
3. 正弦換向：如圖曲線③所示，又稱爲電壓換向，透過移動電刷或是中間極等方式，產生換向電勢來抵消線圈電抗電壓。電流變化換向開始與結束時電流變化較慢，電刷不致產生火花。

4. 過速換向：如圖曲線④所示，換向電勢大於線圈本身的電抗電壓，造成電流變化線圈換向開始時電流變化過快，造成電刷的前刷邊電流密度過大，而燒燬前刷邊及換向片表面。

4. 如圖(2)所示為一部直流電動機，已知主磁極及中間極極性，試回答下列問題：

- (1) 電樞旋轉方向為？
- (2) 電樞導體 B 與 C 之電流方向分別為？
- (3) 裝置於主磁極面槽內的 A 、 D 導體名稱為？
- (4) 導體 A 、 D 的電流方向分別為？

- 解 (1) 直流電動機中間極方向為 \overline{NnSs} ，因此本機需為順時針方向旋轉。
- (2) 順時針旋轉時，電樞導體 B 必須產生向上的電磁力、導體 C 必須產生向下的電磁力，依據弗萊明左手定則，導體 B 的電流方向為流出紙面、導體 C 的電流方向為流入紙面。
- (3) 主磁極面槽內的導體稱為補償繞組
- (4) 補償繞組電流方向與電樞導體相反，因此導體 A 為流入紙面，導體 D 為流出紙面。



圖(2)

鍛鍊本解答－嚴選精華

10-1 1. 電樞反應對直流電動機的影響：

- (1) 前極尖磁通增多，後極尖磁通減少，受限於磁通飽和限制，總磁通減少。
- (2) 磁中性面逆著旋轉方向偏移，因此電刷必須逆著轉向移動。
- (3) 交磁效應，使得合成磁場發生畸斜，造成換向困難。
- (4) 去磁效應，使得總磁通量減少，造成電動機轉矩降低，轉速上升。

- 10-2 2. 爲了降低電樞反應對於直流電動機所造成的影響，常用的做法有：
- (1) 改良主磁極結構，增加 電樞磁路磁阻。
 - (2) 增設繞組：例如加裝 補償繞組、或是 中間極繞組。
3. 補償繞組裝在主磁極的 極面 上特設的槽內，採用線徑 粗、匝數 少 之導線繞成後與電樞繞組 串聯，但電流方向 相反，是抵消電樞反應最有效的方法。
4. 中間極又稱 換向磁極，是裝設於各主磁極中間之狹長小磁極，用線徑 粗、匝數 少 之導線繞成後與電樞相 串聯。依據旋轉方向直流電動機主磁極(N、S)與中間極(n、s)的順序爲 NnSs。
- 10-3 5. 直流電動機必須透過 換向器 將外部的直流電轉變成 交流電 後提供給電樞使用，使電樞繞組在不同的磁極下都能產生方向不變的電磁力，以維持同方向的轉矩。
6. 低速換向是由於線圈本身的電感產生的 電抗電壓 反抗電流變化的趨勢，換向開始時電流變化 慢，直到換向末期，電流急遽變化，造成電刷的 後 刷邊電流密度過大，而燒燬 後 刷邊及換向片表面。
7. 對於直流電動機而言，由於電樞反應造成磁中性面 逆著 轉向偏移，若電刷沒有移動或是移動的角度 不足，則會導致電動機 已過 磁中性面才被電刷短路，電刷切離原接觸的換向片時，電流急遽變化，造成電流過大而產生火花，稱爲低速換向。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P10-2~10-6

課外題

一、精選題

(C) 1. 有關直流電動機的電樞反應，下列敘述何者錯誤？

- | | |
|---------------|----------------|
| (A) 會造成換向困難 | (B) 有效磁通量會減少 |
| (C) 會降低電動機之轉速 | (D) 會減少電動機之轉矩。 |

解 直流電動機的電樞反應使得磁通減弱，轉速 $n = \frac{E}{K\phi}$ 會上升，轉矩 $T = K\phi I_a$ 會減少

(C) 2. 直流電動機的電樞反應使得機械中性面

- (A)順轉向移動一個角度 (B)逆轉向移動一個角度
(C)位置不變 (D)視負載而定。

解 機械中性面位置不會改變

(D) 3. 下列何者不是減少電樞反應的方法？

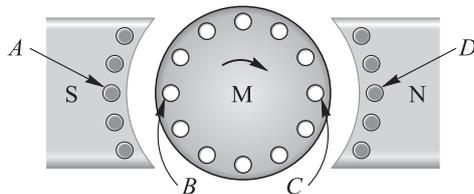
- (A)裝設換向磁極 (B)裝設補償繞組
(C)增加主磁極數目 (D)減少電樞磁路磁阻。

解 補償電樞反應的方法：常用的補償法方法有：

- (1)電刷移位、(2)主磁極的改良增加主磁極數目、增加極尖磁阻、(3)裝設中間極(換向磁極)、(4)裝設補償繞組

二、情境題

(A) 4. 小楊在上課時，老師給他一張直流電動機的示意圖，如圖(1)所示，圖中 *B*、*C* 為電樞繞組導體，*A*、*D* 為補償繞組導體，若以圖上的條件判斷，則導體 *B* 的電流方向為 (A)⊗ (B)⊙ (C)無法判斷 (D)電流為零。



圖(1)

解 主磁極右方為 N 左方為 S，依據弗萊明左手定則，電樞繞組導體 *B* 瞬間朝上移動，因此電流方向為流入紙面

(B) 5. 小陳有台具有中間極之直流電動機，在運轉時，若有電樞反應發生，小陳應該對此電動機之電刷做什麼調整？

- (A)必須順轉向移位，以改善換向 (B)不需要移位
(C)必須逆轉向移位，以改善換向 (D)必須視負載大小不斷移位。

鍛鍊本解答－高手過招

- (B) 1. 某一直流分激發電機之電樞電阻為 0.05Ω ，轉速為 1500rpm ，端電壓為 240V ，電樞電流為 200A 。今改為電動機使用，若端電壓不變，電樞電流變為原來的一半，則電動機的轉矩約為何？ 【108 統測】

(A) $\frac{400}{\pi}$ 牛頓-米

(B) $\frac{500}{\pi}$ 牛頓-米

(C) $\frac{600}{\pi}$ 牛頓-米

(D) $\frac{1000}{\pi}$ 牛頓-米。

解 $T = \frac{P}{\omega}$ ， $P = E_b \times I_a$ ， $E_b = 240 - 100 \times 0.05 = 235\text{V}$ ， $P = 235 \times 100 = 23500$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi \times 1500}{60} = 50\pi$$

$$T = \frac{23500}{50\pi} = \frac{470}{\pi}$$

，故近似於(B)

- (D) 2. 一直流電動機運轉在額定電樞電流及磁通下，產生轉矩 $100\text{N}\cdot\text{m}$ ；若磁通及電樞電流皆減半，則產生轉矩為何？

(A) $100\text{N}\cdot\text{m}$ (B) $75\text{N}\cdot\text{m}$ (C) $50\text{N}\cdot\text{m}$ (D) $25\text{N}\cdot\text{m}$ 。

【107 統測】

解 $T = k\phi I_a$ ， $T = 100 \times \left(\frac{1}{2}\right) \times \left(\frac{1}{2}\right) = 25\text{N}\cdot\text{m}$

- (B) 3. 下列何種方法可使直流電機得到較佳的換向作用？

(A)較少的換向片數

(B)減少電樞線圈的電感量

(C)較短的換向週期

(D)降低電刷的接觸電阻。【104 統測】

