



CH3 直流發電機之原理

3-1 直流發電機基本原理

隨堂練習解答

P45

- (C) 1. 直流發電機電樞繞組內部產生的電源型態為
(A)脈波 (B)直流 (C)交流 (D)整流方波。
- (B) 2. 有一部 6 極直流發電機，電樞繞組旋轉 1 圈，其應電勢變化
(A)1 個 (B)3 個 (C)6 個 (D)12 個 正弦波。
- (C) 3. 如圖 3-3 所示，電樞線圈有幾根有效導體
(A)2 根 (B)3 根 (C)6 根 (D)12 根。

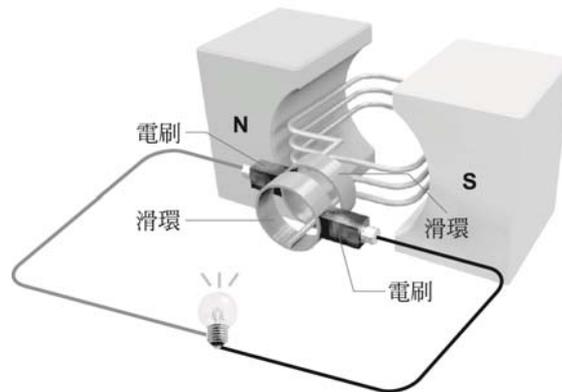


圖 3-3 旋轉電樞式交流發電機

P49

- (C) 1. 直流發電機電樞內部感應的電壓型態為
(A)直流 (B)脈動直流 (C)交流 (D)脈波。
- (B) 2. 直流發電機欲將電樞應電勢轉變為直流電壓輸出，因此必須加裝
(A)滑環 (B)換向器 (C)電刷 (D)磁極。

P51

- (C) 1. 有一台 4 極直流發電機，電樞總導體數為 500 根，每極磁通量為 10^{-2} 韋伯，轉速為 1500 轉，電樞分成 2 個並聯路徑數，則發電機應電勢為

(A) 62.5 V (B) 125 V (C) 250 V (D) 500 V。

$$\text{解 } e = \frac{PZ}{60a} n\phi = \frac{4 \times 500}{60 \times 2} \times 1500 \times 10^{-2} = 250\text{V}$$

- (C) 2. 同上題，若磁通減少 20%，轉速增加 20%，則其應電勢值將

(A)不變 (B)增加 4% (C)減少 4% (D)減少 10%。

$$\text{解 } e = Kn\phi = 1.2 \times 0.8 = 0.96, \text{ 故選(C)減少 4\%}$$

自我評量解答

課本 P52

一、選擇題

- 3-1 (D) 1. 4 極直流發電機，電樞有 90 槽，每槽有 20 根導體，電樞分為 4 個電流路徑，每極磁通為 5×10^{-3} 韋伯，當電樞轉速為 1200 rpm 時，應電勢為

(A)90 V (B)120 V (C)150 V (D)180 V。

$$\text{解 } Z = 90 \times 20 = 1800 \text{ 根}$$

$$e = \frac{PZ}{60a} n\phi = \frac{4 \times 1800}{60 \times 4} \times 1200 \times 5 \times 10^{-3} = 180\text{V}$$

- (A) 2. 有一台 6 極直流發電機，電樞繞組總導體數 1000 根，轉速 1500 rpm，電樞並聯路徑數為 2，若要應電勢為 150 V，則每極磁通量應為

(A) 2×10^{-3} Wb (B) 4×10^{-3} Wb (C) 6×10^{-2} Wb (D) 10^{-2} Wb。

$$\text{解 } e = \frac{PZ}{60a} n\phi \Rightarrow \phi = \frac{60 \times 2 \times 150}{6 \times 1000 \times 1500} = 2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

- (B) 3. 同上題，若要將應電勢增加至 180 V，則磁通量應為

(A) 1.66×10^{-3} Wb (B) 2.4×10^{-3} Wb (C) 1.2×10^{-2} Wb (D) 7.2×10^{-2} Wb。

$$\text{解 } e = Kn\phi \Rightarrow \phi' = 2 \times 10^{-3} \times \frac{180\text{V}}{150\text{V}} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

- (C) 4. 直流發電機轉速增大為 2.5 倍，磁通密度減小為原來的 0.8 倍，感應電勢為原來的幾倍？ (A)0.8 倍 (B)1.7 倍 (C)2 倍 (D)2.5 倍。

$$\text{解 } e = Kn\phi = 2.5 \times 0.8 = 2 \text{ 倍}$$

(D) 5. 八極直流發電機，其應電勢變化一個正弦波，須旋轉

(A)4 轉 (B)1 轉 (C) $\frac{1}{2}$ 轉 (D) $\frac{1}{4}$ 轉。

解 八極直流發電機，旋轉一圈產生 4 個正弦波，欲產生一個正弦波則需要轉 $\frac{1}{4}$ 圈

(A) 6. 有一部 6 極直流發電機，每極磁通量為 0.02 韋伯，電樞繞組有 1000 匝，電樞並聯路徑數為 6，若要應電勢為 120 伏特，則原動機的轉速應該為

(A)180 rpm (B)360 rpm (C)1800 rpm (D)3600 rpm。

解 1000 匝有 2000 根導體； $e = \frac{PZ}{60a} n\phi \Rightarrow n = \frac{60 \times 6 \times 120}{6 \times 2000 \times 0.02} = 180 \text{rpm}$

(C) 7. 有一部 2 極直流發電機，以 1200 rpm 的轉速持續旋轉，則該發電機的導體通過一個磁極所需的時間為 (A) $\frac{1}{120}$ 秒 (B) $\frac{1}{80}$ 秒 (C) $\frac{1}{40}$ 秒 (D) $\frac{1}{20}$ 秒。

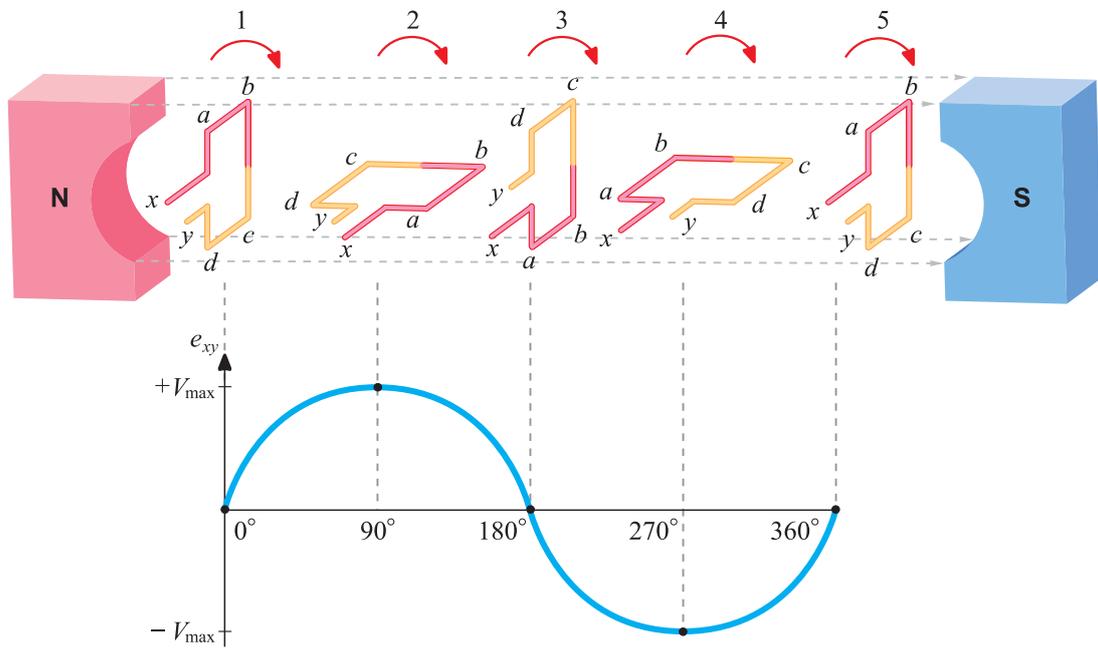
解 1200rpm 表示每分鐘 1200 轉，因此每秒鐘 20 轉，轉 1 圈需要 $\frac{1}{20}$ 秒，經過 2

極電機中的 1 個磁極需要 $\frac{1}{40}$ 秒

二、問答題

1. 畫圖說明線圈在磁場旋轉中產生交流電的過程。

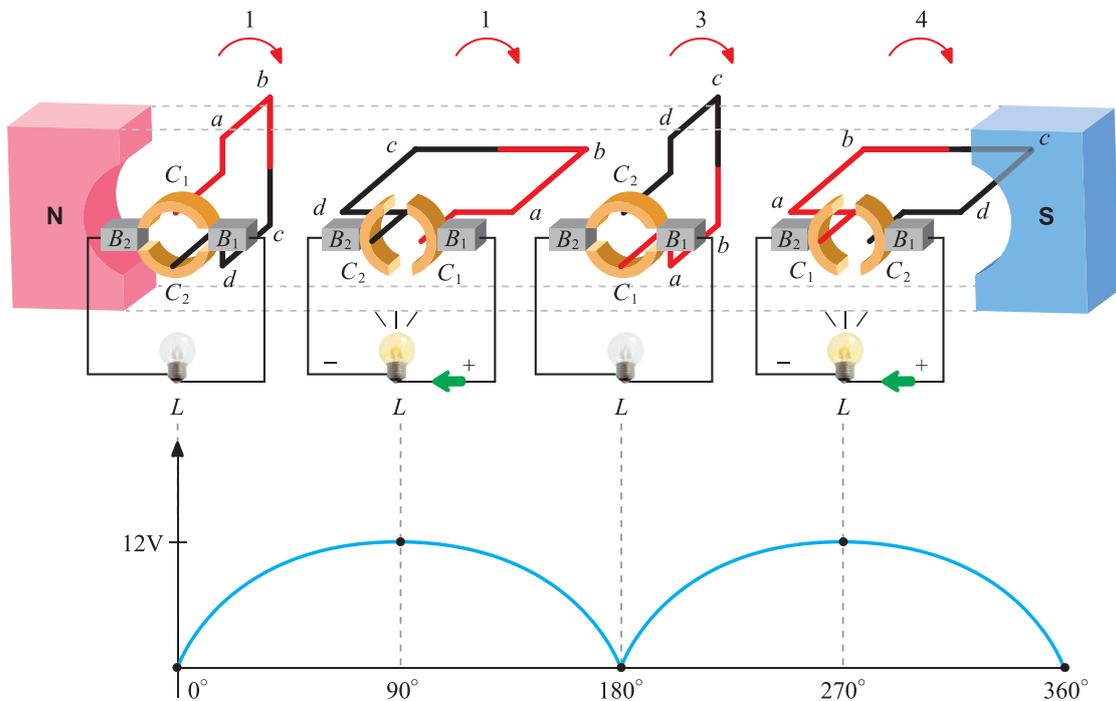
- 解 (1) 位置 1： ab 與 cd 的瞬間運動方向與磁場平行 ($\theta = 0^\circ$)，應電勢為 0。
- (2) 位置 2：導體瞬間運動方向與磁場垂直 ($\theta = 90^\circ$)，兩根導體感應電勢最大，電流由 x 端流出。滑環兩端的電壓 e_{xy} 為正的最大值。
- (3) 位置 3：導體運動方向與磁場平行，應電勢為 0， $e_{xy} = 0V$ 。
- (4) 位置 4：導體 a 運動方向與磁場垂直 ($\theta = 90^\circ$)，兩根導體感應電勢最大，但此時電流由 y 端流出，滑環兩端的電壓 e_{xy} 為負的最大值。



單匝線圈在磁場中運動一圈產生的感應電勢波形

2. 畫圖說明換向器將線圈感應的交流電轉變成直流電的過程。

解 (1) 位置 1: 導體瞬間運動方向與磁場平行($\theta = 0^\circ$), 電刷兩端的電壓 $e_{B_1-B_2} = 0V$ 。



- (2) 位置 2：導體瞬間運動方向與磁場垂直($\theta=90^\circ$)，兩線圈邊應電勢為最大，倘若 $e_{ab} = 6V$ 、 $e_{cd} = 6V$ ，則兩個電刷之間的電壓 $e_{B_1-B_2} = 12V$ ，電流由線圈 $a \rightarrow C_1 \rightarrow B_1 \rightarrow L \rightarrow B_2 \rightarrow C_2 \rightarrow d$ 回到線圈內。
- (3) 位置 3：導體瞬間運動方向與磁場平行($\theta=0^\circ$)，電刷兩端的電壓 $e_{B_1-B_2} = 0V$ 。
- (4) 位置 4：導體瞬間運動方向與磁場垂直($\theta=90^\circ$)，兩線圈邊應電勢為最大， $e_{dc} = 6V$ 、 $e_{ba} = 6V$ ，雖然電樞內部的電壓變成負的最大值，但是電流由線圈 $d \rightarrow C_2 \rightarrow B_1 \rightarrow L \rightarrow B_2 \rightarrow C_1 \rightarrow a$ 回到線圈，兩電刷間的電壓 $e_{B_1-B_2} = 12V$ 維持不變，燈泡再度點亮。

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 3-1 1. 法拉第 發現導體與磁場間有交互運動就能產生感應電勢，感應電勢大小為
- $$e_{\text{ind}} = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \text{。}$$
2. 楞次發現導體感應電勢的 方向 恆反對磁鐵或線圈的運動，因此將公式修改為
- $$e_{\text{ind}} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \text{，稱爲法拉第-楞次定理。}$$
- (負號代表應電勢 方向 恆反對磁鐵或線圈的運動)
3. 弗萊明右手定則又稱爲 發電機 定則，中指爲「產生的 電流 方向」、食指爲「磁場 方向」、拇指爲「導體 運動 方向」。
4. 單根導體在磁場中運動時產生的感應電勢 $e = Blv\sin\theta$ 。
5. 1 匝線圈有 4 個邊，但是只有 2 邊(根) 導體能產生感應電勢，稱爲 有效線圈邊。
6. 線圈在磁場旋轉時所產生的電源型態爲 交流電，線圈每經過一對磁極(N 極與 S 極) 就會感應產生一個 正弦波。
7. 直流發電機包括三個基礎部分：定子 的功能爲供給磁場；電樞 在定子內旋轉產生交流電；透過 換向器 轉變成直流電後，經由 電刷 傳遞給負載。
8. 爲了讓輸出波形更接近直流電，可以增加線圈的 組數 並均勻放置在電樞內部，透過多組線圈輪流產生電壓，產生的直流電能更平穩。
9. 整部發電機的感應電勢 $E = \frac{PZ}{60a} n\phi$ 。
10. 直流發電機感應電勢簡化爲 $E = Kn\phi$ ，即發電機的電壓 E 與 轉速 n 及 磁通量 ϕ 成正比，使用者可以藉由調整 原動機的轉速 或是 磁場繞組的電流值 來獲得所需要的電壓。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P3-2~3-5

課外題

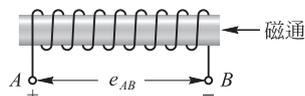
一、精選題

- (C) 1. 如圖(1)所示，線圈匝數為 200 匝，磁通量在 10 秒內由 0 韋伯增加至 0.2 韋伯，其兩端的感應電勢 e_{AB} 為

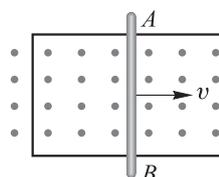
(A)-10V (B)-4V (C)4V (D)10V。

解 應電勢大小： $e = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = 200 \times \frac{0.2-0}{10} = 4V$

應電勢方向：依據楞次定理，向左的外部磁通增加，線圈產生向右磁通抵抗之，因此電流由 A 流出(A 為正端)，因此 $e_{AB} = 4V$



圖(1)



圖(2)

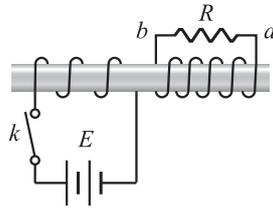
- (C) 2. 如圖(2)所示導線 AB 長為 50cm，其中有 40cm 置於均勻之磁場 $5Wb/m^2$ 中以 0.5m/sec 之速度向右移動，則導線兩端應電勢 e_{AB} 為

(A)+1.25V (B)+1V (C)-1V (D)-1.25V。

解 應電勢大小： $e = Blv \sin \theta = 5 \times 0.4 \times 0.5 = 1V$

應電勢方向：依據弗萊明右手定則，電流由 B 流出(B 為正端)，因此 $e_{AB} = -1V$

- (B) 3. 如圖(3)中，當開關閉合瞬間，電阻 R 內的電流方向為
(A)a 流向 b (B)b 流向 a (C)沒有電流 (D)方向不定。



圖(3)

- 解 開關閉合瞬間左側線圈產生向左磁通，右側線圈反抗磁通增加產生向右磁通，電流由 b 端進入電阻 a 端

二、情境題

- (A) 4. 在上電工機械實習課時，老師希望小楊能設計一台直流發電機，條件如下：主磁極數為 6 極，電流路徑數為 6，每極磁通量為 $3 \times 10^{-5} \text{Wb}$ ，電樞轉速 2000rpm，輸出電壓為 12V；請問小楊在設計時，線圈導體數應設計成幾匝，才能達到老師要求的條件？ (A)60 匝 (B)120 匝 (C)240 匝 (D)360 匝。

解 【訂正】每極磁通量應修改為 $3 \times 10^{-3} \text{W}$

$$e = \frac{PZ\phi N}{60a}, 12 = \frac{6 \times Z \times 3 \times 10^{-3} \times 2000}{60 \times 6}, Z = 120 \text{ 根} = 60 \text{ 匝}$$

- (D) 5. 在上課時，有四位同學發表有關法拉第定律(Faraday's law)之感應電勢(電壓)敘述，請問那位同學的敘述是正確的？
 小楊：感應電勢與線圈匝數平方成正比
 小明：感應電勢與通過線圈之磁通量成反比
 小陳：感應電勢與線圈匝數成反比
 小仁：感應電勢與單位時間內通過線圈之磁通變化量成正比
 (A)小楊 (B)小明 (C)小陳 (D)小仁。

鍛鍊本解答－高手過招

(C) 1. 有一個 10 匝線圈之繞組在一部 2 極的直流電機磁場中以定速旋轉，若電機的主磁極之極掌(pole shoe)為平面，且每匝可感應出 E 伏特的電動勢，當繞組兩端之感應電動勢為 $8.66E$ 伏特，則在此位置時線圈繞組之有效導體運動方向和磁場方向間之可能夾角為何？

(A)0 度 (B)30 度 (C)60 度 (D)90 度。

【106 統測】

解 $e = B \times l \times v \times \sin \theta$ ， $8.66E = 10 \times E \times \sin \theta$ ，
 $\sin \theta = 0.866$ ， $\theta = 60$ 度