



CH6 直流發電機之分類、特性及運用

6-1 直流發電機之分類

隨堂練習解答

課本 P115

- (B) 1. 直流電機中之分激磁場繞組，其
 (A)線徑粗，匝數少 (B)線徑細，匝數多
 (C)線徑粗，匝數多 (D)線徑細，匝數少。
- (D) 2. 直流電機中沒有與電樞繞組串聯的繞組為
 (A)串激磁場繞組 (B)中間極繞組 (C)補償繞組 (D)分激磁場繞組。

6-2 直流發電機之構造與電路計算

隨堂練習解答

P117

- (B) 1. 範例 01 中，倘若激磁電流與負載不變下，原動機的轉速變為 1.2 倍，則負載端電壓為多少伏特？ (A) 220 V (B) 241 V (C) 246 V (D) 260 V。
- 解** 應電勢 $E = Kn\phi$ ，當轉速 n 變為原本的 1.2 倍，則 $E' = 1.2E = 1.2 \times 205 = 246V$
 負載不變 ($I_L = 25A$)，因此負載端電壓 $V_L' = E' - I_a R_a = 246 - (25 \times 0.2) = 241V$

P119

- (D) 1. 一部 12.5 kW，250 V 分激直流發電機，其磁場電阻為 50Ω ，電樞電阻為 0.1Ω ，則其電樞電流及電樞應電勢分別為
 (A) 45 A，255 V (B) 50 A，255.5 V (C) 55 A，244.5 V (D) 55 A，255.5 V。
- 解** $I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{12.5kW}{250V} = 50A$ ； $I_f = \frac{V_L}{R_f} = \frac{250V}{50\Omega} = 5A$ ；
 $I_a = I_L + I_f = 50 + 5 = 55A$ ； $E = V_L + I_a R_a = 250 + (55 \times 0.1) = 255.5V$

P121

- (A) 1. 直流串激發電機供給 200 V、4 kW 負載，串激場電阻為 0.2Ω ，電樞電阻為 0.4Ω ，則此發電機的感應電勢為多少？ (A)212 V (B)204 V (C)192 V (D)188 V。

$$\text{解 } I_L = \frac{4\text{kW}}{200\text{V}} = 20\text{A} , E = 200 + 20 \times (0.4 + 0.2) = 212\text{V}$$

- (D) 2. 有一串激發電機，供給每只為 500 W，電流為 10 A，串接弧燈共 20 只，若其電樞電阻為 5Ω ，場電阻為 3Ω ，線路電阻為 2Ω ，則此串激發電機的電樞應電勢為 (A) 900 V (B) 1000 V (C) 1050 V (D) 1100 V。

$$\text{解 } \text{負載功率 } P_L = 20\text{只} \times 500\text{W} = 10\text{kW}$$

$$P_L = V_L \times I_L \Rightarrow V_L = \frac{P_L}{I_L} = \frac{10\text{kW}}{10\text{A}} = 1000\text{V}$$

$$E = V_L + I_a(R_a + R_s + R_l) = 1000 + 10 \times (5 + 3 + 2) = 1100\text{V}$$

P124

- (D) 1. 一部 20 kW、400 V 直流長並聯複激發電機，其電樞電阻為 0.06Ω ，串激磁場繞組為 0.04Ω ，分激磁場繞組為 200Ω ，求發電機之感應電勢為多少？

- (A) 400 V (B) 405 V (C) 405.12 V (D) 405.2 V。

$$\text{解 } I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{20\text{kW}}{400\text{V}} = 50\text{A} , I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{400\text{V}}{200\Omega} = 2\text{A}$$

$$I_a = I_L + I_f = 50 + 2 = 52\text{A}$$

$$E = V_L + I_a(R_a + R_s) = 400 + 52 \times (0.06 + 0.04) = 405.2\text{V}$$

- (C) 2. 同上題，若該機為短並聯複激發電機，求發電機之感應電勢為多少？

- (A) 400 V (B) 405 V (C) 405.12 V (D) 405.2 V。

$$\text{解 } I_L = \frac{P_L}{V_L} = \frac{20\text{kW}}{400\text{V}} = 50\text{A} , V_f = V_L + I_L R_s = 400 + (50 \times 0.04) = 402\text{V}$$

$$I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{402\text{V}}{200\Omega} = 2.01\text{A} , I_a = 50 + 2.01 = 52.01\text{A}$$

$$E = 402 + (52.01 \times 0.06) = 405.12\text{V}$$

6-3 直流發電機的特性及用途

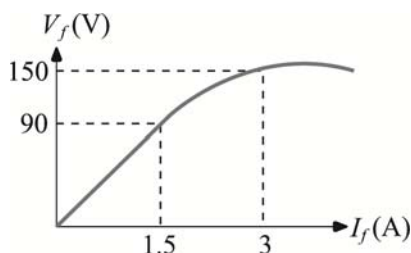
隨堂練習解答

P128

- (D) 1. 直流發電機之無載特性曲線是指下列何者關係曲線？
 (A)端電壓與負載電流 (B)端電壓與激磁電流
 (C)應電勢與負載電流 (D)應電勢與激磁電流。
- (D) 2. 有關外激式直流發電機的負載(外部)特性曲線之敘述，何者正確？
 (A)轉速與電樞電流 (B)轉速與端電壓
 (C)磁場電流與端電壓 (D)電樞電流與端電壓。

P131

- (B) 1. 如圖為分激發電機之飽和曲線，則此發電機之臨界場電阻應為
 (A) 90Ω (B) 60Ω (C) 50Ω (D) 25Ω 。



解 臨界場電阻與飽和曲線相切即圖中之線性段，

$$\text{故臨界場電阻 } R_f = \frac{V}{I} = \frac{90\text{V}}{1.5\text{A}} = 60\Omega$$

- (C) 2. 欲建立分激發電機的電壓，其必要條件為
 (A)場電阻大於臨界值，速率大於臨界值
 (B)場電阻大於臨界值，速率小於臨界值
 (C)場電阻小於臨界值，速率大於臨界值
 (D)場電阻小於臨界值，速率小於臨界值。

P133

- (D) 1. 下列何者不是直流分激發電機建立電壓必須的條件？
 (A)剩磁要夠大 (B)場電阻要夠低 (C)剩磁方向要適當 (D)負載特性要適當。

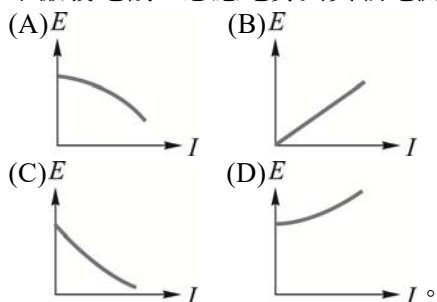
- (D) 2. 若把直流分激發電機之兩線端短路，則將
 (A)電流甚大發電機立刻燒毀 (B)長時間短路電機才會燒毀 (C)電壓與電流甚大，但不致燒毀電機 (D)電壓及電流立即減少。
- (D) 3. 44 kW、220 V 之分激發電機，不考慮激磁電流，已知電壓調整率為 6 %，此電機之電樞電阻為 (A) 0.036Ω (B) 0.046Ω (C) 0.056Ω (D) 0.066Ω。

解 $I_L = \frac{44\text{kW}}{220\text{V}} = 200\text{A}(=I_a)$ ， $V.R. = \frac{E - V_L}{V_L} \Rightarrow 0.06 = \frac{E - 220}{220} \Rightarrow E = 233.2\text{V}$

$$V_L = E - I_a R_a \Rightarrow R_a = \frac{233.2 - 220}{200\text{A}} = 0.066\Omega$$

P135

- (C) 1. 直流串激發電機無載時，端電壓太低的主要原因為
 (A)電樞反應太大 (B)轉速太高 (C)沒有場電流 (D)沒有剩磁。
- (B) 2. 串激發電機之感應電勢與負載電流($E - I$)近似曲線為



P139

- (D) 1. 積複激式直流發電機，可加裝分流器以調整其外部特性曲線，下列對分流器之接線方式何者正確？
 (A)與電樞繞組串聯 (B)與分激磁場繞組並聯
 (C)與電樞繞組並聯 (D)與串激磁場繞組並聯。
- (C) 2. 欲將欠複激式直流發電機調整為過複激式直流發電機，則下列敘述何者正確？
 (A)提高發電機之轉速 (B)增大分激磁場繞組之場變阻器
 (C)增大串激磁場繞組分流器電阻值 (D)降低串激磁場繞組分流器電阻值。

解 增大串激磁場繞組分流器電阻，分流器電阻電流下降，串激磁場繞組電流增加，串激磁場磁通(ϕ_s)增加，發電機成為過複激

P141

- (B) 1. 由外部特性曲線可知適合用於升壓場所之發電機為
(A)分激 (B)串激 (C)積複激 (D)他激。
- (A) 2. 何種直流發電機，電壓調整率為負？
(A)串激式 (B)分激式 (C)他激式 (D)欠複激式。
- (C) 3. 有關直流發電機之敘述，下列何者正確？
(A)差複激式發電機負載增加時，總有效磁通會增加
(B)串激式發電機之電壓調整率最小
(C)分激式發電機將電樞反轉，將無法建立電壓
(D)他激式發電機無載時，電壓無法建立。
- 解** 差複激式發電機負載增加時，串激場磁通增強，因此有效磁通會減少。串激式發電機電壓變動大，他激式發電機無載時，電壓可以順利建立

6-4 直流發電機之並聯運用(parallel operation)

隨堂練習解答

課本 P147

- (A) 1. 多部直流發電機在並聯運作時，下列哪項不是應該具備的條件？
(A)發電機容量要相同 (B)極性要一致
(C)負載分配要適當 (D)端電壓必須相等。
- 解** 直流發電機在並聯運作時，電壓、極性、負載分配等特性需相同，至於容量、極數、轉速、電流等可以不必相同
- (B) 2. 兩台分激發電機作並聯運轉，供應 100 A 負載，若場電流不計，發電機 G_1 的應電勢 $E_1=110$ V，電樞電阻 $R_{a1}=0.1\Omega$ ；發電機 G_2 的應電勢 $E_2=112$ V，電樞電阻 $R_{a2}=0.1\Omega$ ，則兩機分擔電流分別為
(A) 30 A、70 A (B) 40 A、60 A (C) 60 A、40 A (D) 70 A、30 A。
- 解**
$$\begin{cases} I_1 + I_2 = 100\text{A} \\ 110 - 0.1 \times I_1 = 112 - 0.1 \times I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 40\text{A} \\ I_2 = 60\text{A} \end{cases}$$
- (C) 3. 同上題，負載端電壓為何？ (A) 114 V (B) 110 V (C) 106 V (D) 104 V。
- 解** $V_L = 110 - 0.1 \times 40 = 106\text{V}$

- (A) 4. 有 A、B 兩台複激式直流發電機並聯運轉，若 A 發電機容量為 100 kW，B 發電機容量為 200 kW，A 發電機的串激場繞組為 0.2Ω 時，則 B 發電機的串激場繞組為多少？ (A) 0.1Ω (B) 0.2Ω (C) 0.4Ω (D) 0.6Ω 。

解 $R_{s2} = R_{s1} \times \frac{P_1}{P_2} = 0.2 \times \frac{100\text{kW}}{200\text{kW}} = 0.1\Omega$

自我評量解答

課本 P148

一、選擇題

- 6-1 (B) 1. 直流電機內不與電樞電路串聯之繞組為

- (A)串激磁場繞組 (B)分激磁場繞組
(C)中間極繞組 (D)補償繞組。

- 6-2 (C) 2. 一部他激式直流發電機供給 20 kW、200 V 負載，其電樞電阻為 0.2Ω ，場電阻為 50Ω 。若每只電刷壓降為 1 V，發電機應電勢為何？

- (A)220 V (B)221 V (C)222 V (D)224 V。

解 $I_L = \frac{20\text{kW}}{200\text{V}} = 100\text{A}$

應電勢 $E = V + I_L R_a + V_b = 200 + 100 \times 0.2 + (2\text{個} \times 1\text{V}) = 222\text{V}$

- (A) 3. 一部外激式直流發電機，無載感應電勢為 100 V，如負載電阻為 4.8Ω ，消耗功率 1920 W，若電樞電阻為 0.2Ω ，且計電樞反應時，端電壓為多少？

- (A)96 V (B)98 V (C)102 V (D)104 V。

解 $P_o = V \times I_L = I_L^2 R_L \Rightarrow I_L = \sqrt{\frac{1920\text{W}}{4.8\Omega}} = 20\text{A}$

$V_L = E - I_a R_a = 100 - 20 \times 0.2 = 96\text{V}$

- (A) 4. 20 kW，200 V 直流分激式發電機，電樞電阻 0.1Ω ，分激場電阻 200Ω ，在供給額定輸出時，應電勢為 (A)210.1 V (B)206.1 V (C)201.1 V (D)200 V。

解 $I_L = \frac{20\text{kW}}{200\text{V}} = 100\text{A}$ ， $I_f = \frac{200\text{V}}{200\Omega} = 1\text{A}$ ， $I_a = I_L + I_f = 100 + 1 = 101\text{A}$ ，

$E = V + I_a R_a = 200 + 101 \times 0.1 = 210.1\text{V}$

- (D) 5. 有一部 5 kW、100 V 直流分激式發電機，場電阻為 100Ω ，當供給額定負載時，應電勢為 120 V，若電刷壓降忽略不計，則電樞電阻約為多少？

- (A) 0.68Ω (B) 0.53Ω (C) 0.47Ω (D) 0.39Ω 。

$$\textcircled{\text{解}} \quad I_L = \frac{5\text{kW}}{100\text{V}} = 50\text{A}, \quad I_f = \frac{100\text{V}}{100\Omega} = 1\text{A}, \quad I_a = I_L + I_f = 51\text{A}$$

$$E = V + I_a R_a \Rightarrow R_a = \frac{E - V}{I_a} = \frac{120 - 100}{51} = 0.39\Omega$$

- (B) 6. 串激式發電機提供 220 V、2.2 kW 負載，其電樞電阻為 0.3 Ω ，串激場繞組電阻為 0.5 Ω ，則關於此發電機之敘述下列何者正確？

- (A)此發電機電樞電流為 100 A (B)此發電機產生之感應電勢為 228 V
(C)此發電機激磁電流為 50 A (D)此發電機產生之感應電勢為 220 V。

$$\textcircled{\text{解}} \quad I_L = \frac{2.2\text{kW}}{220\text{V}} = 10\text{A}, \quad E = V + I_L(R_a + R_s) = 220 + 10(0.3 + 0.5) = 228\text{V}$$

- (A) 7. 串激式發電機，供給 55 只串接弧燈，電流為 5 A，每只為 400 W，其電樞電阻為 10 Ω ，磁場電阻為 8 Ω ，線路電阻為 6 Ω ，則此發電機電樞之應電勢為

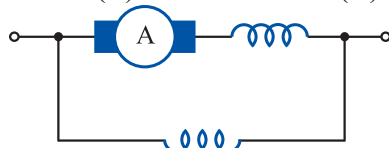
- (A) 4520 V (B) 4470 V (C) 4400 V (D) 4280 V。

$$\textcircled{\text{解}} \quad P_L = 55 \times 400\text{W} = 22\text{kW}, \quad V_L = \frac{P_L}{I_L} = \frac{22\text{kW}}{5\text{A}} = 4400\text{V}$$

$$\text{應電勢 } E = V_L + I_L(R_a + R_s + R_x) = 4400\text{V} + 5(10 + 8 + 6) = 4520\text{V}$$

- (C) 8. 如圖(1)所示中的直流機為

- (A)串激式 (B)分激式 (C)長分路複激式 (D)短分路複激式。



圖(1)

$$\textcircled{\text{解}} \quad \text{電樞繞組先與磁場繞組串聯再與磁場繞組並聯，因此為長分路複激式}$$

- 6-3 (D) 9. 250 V，50 kW 他激式直流發電機，電樞電阻為 0.08 Ω ，忽略電樞反應與電刷壓降，滿載時電壓調整率為 (A)0.046 % (B)0.064 % (C)4.6 % (D)6.4 %。

$$\textcircled{\text{解}} \quad I_L = \frac{50\text{kW}}{250\text{V}} = 200\text{A}$$

$$E = V + I_a R_a = 250 + 200 \cdot 0.08 = 266\text{V}$$

$$V.R. = \frac{E - V}{V} = \frac{266\text{V} - 250\text{V}}{250\text{V}} = 0.064 = 6.4\%$$

- (B)10. 他激直流發電機作無載飽和實驗，當 I_f 由 0 A 上升至 1 A 時測得端電壓為 50 V，當 I_f 由 1 A 上升至 2 A 測得端電壓增加至 100 V，當 I_f 由 2 A 減小至 1 A 時，則端電壓最可能為 (A)等於 50 V (B)略大於 50 V (C)略小於 50 V (D) 0 V。

解 由於磁滯特性使得激磁電流下降時，應電勢的值會較激磁電流上升時略高一些

- (C)11. 直流電機中有關場電阻敘述，何者正確？

- (A)場電阻斜率越大電阻越小
(B)場電阻必須高於臨界電阻才能建立電壓
(C)相同轉速時，場電阻越小，建立電壓越高
(D)相同場電阻時，轉速越低，建立電壓越高。

解 場電阻斜率愈大電阻愈高，場電阻必須小於臨界電阻才能建立電壓，相同場電阻時，轉速愈高，建立電壓愈高

- (D)12. 自激直流發電機若磁場中沒有剩磁，欲建立電壓必須

- (A)提高速率 (B)減少磁場電阻
(C)磁場線圈反接 (D)先以外激產生剩磁後，再重新建立。

解 自激式發電機若是長時間未使用造成剩磁太小，須先將磁場繞組改接直流電以外激方式激磁後再接回使用

- (C)13. 直流分激式(並激式)發電機運轉於額定電壓，如果發電機的轉速突然升高，若要維持發電機的輸出電壓為額定電壓，其調整方式為何？

- (A)增加磁通 (B)減少負載
(C)減少磁通 (D)調整換向片的角度。

- (C)14. 有三台直流複激發電機，額定電壓均標示為 220 V，無載時測得 A 機端電壓為 240V，B 機端電壓為 220 V，C 機端電壓為 200 V，哪一部為過複激發電機

- (A)A (B)B (C)C (D)B、C。

解 過複激發電機，端電壓隨著負載增加而上升，因此無載電壓低於滿載電壓

- (B)15. 欲將過複激式直流發電機調整為平複激式直流發電機，下列敘述何者正確？

- (A)降低轉速 (B)分流器電阻調小
(C)分激場變阻器電阻調小 (D)分流器電阻調大。

解 分流器與串激場繞組並聯，分流器電阻愈小，分流器電流愈大，串激場電流愈小，串激場磁通愈小，積複激特性由過複激→平複激→欠複激

- (C)16. 一般而言，當負載斷路即無法產生應電勢者為
 (A)直流外激發電機 (B)直流分激發電機
 (C)直流串激發電機 (D)直流差複激發電機。
- (B)17. 若把直流發電機的兩輸出端短路、電壓和電流迅速降低，不會燒毀；此直流發電機應為 (A)他激式 (B)分激式 (C)串激式 (D)過複激式。
- (B)18. 下列有關直流發電機的運用，何者錯誤？
 (A)分激發電機用於一般直流供電用
 (B)串激發電機適合做為升壓機或是定電壓供電
 (C)過複激發電機適合做為長距離供電用
 (D)差複激發電機適合做為蓄電池充電或電焊。

解 串激發電機適合做為升壓機或是定電流供電

6-4 (B)19. 多部直流發電機在並聯運作時，下列哪項敘述正確？

(A)容量要相同 (B)極性要相同 (C)極數要相同 (D)電流要相同。

- (B)20. 兩台分激發電機作並聯運轉，供應 100 A 負載，若場電流不計，發電機 G_1 應電勢 $E_1 = 110 \text{ V}$ ，電樞電阻 $R_{a1} = 0.1 \Omega$ ；發電機 G_2 應電勢 $E_2 = 112 \text{ V}$ ，電樞電阻 $R_{a2} = 0.1 \Omega$ ，則端電壓為 (A)104 V (B)106 V (C)110 V (D)114 V。

解
$$\begin{cases} I_1 + I_2 = 100 \text{ A} \\ 110 - 0.1 \times I_1 = 112 - 0.1 \times I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 40 \text{ A} \\ I_2 = 60 \text{ A} \end{cases} \Rightarrow V = 110 - 0.1 \times 40 = 106 \text{ V}$$

- (D)21. 積複激發電機並聯運用時需要加裝均壓線，以確保兩台發電機串激場繞組的電流分別為
 (A)各機的電樞電流
 (B)與電樞電阻成反比所分配的負載電流
 (C)與分激場電阻成反比所分配的負載電流
 (D)與串激場電阻成反比所分配的負載電流。

解 均壓線將串激磁場繞組兩組並聯，使得串激磁場繞組電流始終與串激場電阻成反比，與應電勢或電樞電流無關，穩定維持運轉

- (D)22. 有 A、B 兩台直流發電機並聯運轉而供給負載，今欲變更負載分配，由 B 機逐漸轉移 A 機，但須維持系統之電壓於定值，則
 (A) A、B 兩機之場電阻須同時增大 (B) A、B 兩機之場電阻須同時減少
 (C)將 A 機之場電阻增大，而 B 機減少 (D)將 A 機之場電阻減少，而 B 機增大。

解 負載要減輕者，場電阻增大；負載要增加者，場電阻減少

二、問答題

1. 比較各式直流發電機的特性與用途。

解

類別		主要特性	用途
外激式		控制激磁電流能供給寬廣的電壓。 電壓調整率 $V.R.\%$ 小。 缺點：需要獨立的直流電源做為激磁來源	激磁機、測力計、華德黎翁納德系統的電源、特別高壓小電流或特別低壓大電流的場所。
分激式		電壓調整幅度較窄，電壓調整率較外激式大。 出線端被短接時，電壓電流立即減小。	一般直流電源、蓄電池充電、交流發電機之激磁機
串激式		無載時無法建立電壓；負載加大，端電壓逐漸增加，崩潰後則迅速降低，電壓變化情形大。 電壓調整率 $V.R. < 0$ 。	電壓上升部份做升壓機 電壓下降部份做定電流源
積複激式	過複激式	負載增加，端電壓增加。 滿載電壓大於無載電壓，電壓調整率 $V.R. < 0$	礦坑或電車等遠距離供電
	平複激式	外部曲線幾乎呈現水平。 滿載電壓等於無載電壓，電壓調整率 $V.R. = 0$	一般直流電源 激磁機使用
	欠複激式	負載增加，端電壓略微降低。 電壓調整率較外激式小， $V.R. > 0$	很少採用
差複激式		負載增加，端電壓急降，電壓調整率 $V.R. >> 0$ ，具有限制電流特性。	電焊、汽車蓄電池充電

2. 採用多部發電機並聯供電的優點有哪些？

解

- (1) 增加負載供應量：直流電機須要換向，因此不易製成高電壓大電流的大型機組，為了供應大容量直流負載，可以採用多部機組並聯運轉。
- (2) 提高供電穩定度：採用多部機組並聯運轉，整個供電系統不致於因為一部發電機故障而完全停擺。
- (3) 提高運轉效率：電機效率以滿載或接近滿載時為最高。因應用電需求，彈性調整運轉機組數量，使發電機盡量接近滿載運轉，效率可以提高。
- (4) 減少備載容量：對相同設備容量而言，並聯的發電機台數愈多，每台發電機的容量愈小，由於發電機不會同時故障，備用的發電機容量也可以減少。
- (5) 延長發電機壽命：各機組可輪流停機檢驗與保養，延長壽命。

3. 將二台 50 kW, 250 V 之分激發電機 A、B 並聯使用。在無載時將其電壓均調整為 250 V，若 A 機單獨使用，其滿載端電壓為 244 V；若 B 機單獨使用，其滿載端電壓為 238 V，在分激場電阻與電刷壓降忽略不計，求(1)兩部發電機電樞電阻分別為何？(2)兩機並聯供應 240 A 時，端電壓為何？(3)兩機可供應最大負載電流為何？(4)兩機供應最大負載電流時，端電壓為何？

解 (1) 兩機滿載電流 $I_L = \frac{50\text{kW}}{250\text{V}} = 200\text{A}$ (忽略 I_f $\therefore I_L = I_a$)

$$A \text{ 機的電樞電阻 } E_1 = V_1 - I_{a1}R_{a1} \Rightarrow R_{a1} = \frac{E_1 - V_1}{I_{a1}} = \frac{250\text{V} - 244\text{V}}{200\text{A}} = 0.03\Omega$$

$$B \text{ 機的電樞電阻 } E_2 = V_2 - I_{a2}R_{a2} \Rightarrow R_{a2} = \frac{E_2 - V_2}{I_{a2}} = \frac{250 - 238}{200} = 0.06\Omega$$

$$(2) \text{ 並聯運用時 } \begin{cases} I_1 + I_2 = 240\text{A} \\ 250 - I_1 \times 0.03 = 250 - I_2 \times 0.06 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 160\text{A} \\ I_2 = 80\text{A} \end{cases}$$

$$\text{端電壓 } V = E - I_1 R_1 = 250 - 160 \times 0.03 = 245.2\text{V}$$

$$(3) \text{ 由於 } 250 - I_1 \times 0.03 = 250 - I_2 \times 0.06 \Rightarrow I_1 = 2I_2, \text{ 當 } A \text{ 機滿載時 } I_1 = 200\text{A}$$

$$\text{此時 } I_2 = 100\text{A}, \text{ 為兩機可供應最大負載電流 } I_1 + I_2 = 300\text{A}$$

$$(4) \text{ 端電壓 } V = E - I_1 R_1 = 250 - 200 \times 0.03 = 244\text{V}$$

4. 有 A、B 兩台複激式直流發電機並聯運轉，若 A 發電機容量為 100 kW，B 發電機容量為 50 kW，A 發電機的串激場繞組為 0.2Ω ，欲使負載合理分配則(1) B 發電機的串激場繞組為多少 Ω ？(2)當負載電流為 150 A，A、B 兩機的電樞電流分別為何？(3)負載不變下，因故 A 機電樞電流瞬間上升至 110 A，此時均壓線的電流為何？

解 (1) $\frac{G_B}{G_A} = \frac{R_{sA}}{R_{sB}} \Rightarrow \frac{50\text{kW}}{100\text{kW}} = \frac{0.2\Omega}{R_{sB}} \Rightarrow R_{sB} = 0.4\Omega$

$$(2) \frac{G_B}{G_A} = \frac{I_B}{I_A} \Rightarrow \frac{I_B}{I_A} = \frac{50\text{kW}}{100\text{kW}} \Rightarrow I_A : I_B = 2 : 1$$

$$\text{而 } I_A + I_B = 150\text{A}, \text{ 故 } I_A = 100\text{A}, I_B = 50\text{A}$$

$$(3) \text{ 負載不變下，A 機串激場繞組電流維持 } 100\text{A} \text{ 不變，倘若 A 機電樞電流瞬間增加為 } 110\text{A} \text{ 則均壓線上電流為 } 110\text{A} - 100\text{A} = 10\text{A}。$$

鍛鍊本解答－嚴選精華

• 電路計算

- 6-1 1. 電樞繞組：位於轉子電樞槽內，以 疊繞 或 波繞 等方式連接，當外力帶動時感應產生 交流電，透過換向片轉成 直流電，再經由 電刷 引接到外部。

2. 分激磁場繞組：位於定子的磁極鐵心上，以線徑細的導線繞製多匝而成，由於電阻值較大，適合與電樞繞組並聯，通過少量電流就產生足夠磁通。
3. 串激磁場繞組：位於定子的磁極鐵心上，以線徑粗的導線繞製少匝而成，由於電阻值小，適合與電樞繞組串聯，通過電流越大產生磁通就越強。

• 特性與應用

- 6-3** 4. 複激式發電機採用長並聯或是短並聯接線，各項數值差距幅度很小，實際使用時，兩者特性也很接近。
5. 直流發電機的無載特性曲線測量 激磁電流(I_f) 與 應電勢(E) 的關係，又稱為磁化 特性曲線或是飽和 特性曲線。
 6. 直流發電機激磁電流(I_f)為 0 時，會有微量的剩磁 電壓。當激磁電流(I_f)增加時應電勢(E)成正比 增加，無載特性曲線呈現直線；直到鐵心飽和應電勢的變化較為遲緩，特性曲線呈現曲線。
 7. 直流發電機的負載特性曲線測量 負載電流(I_L) 與 負載端電壓(V_L) 的關係，又稱為外部 特性曲線。
 8. 外激式發電機負載增加時，受到電樞繞組壓降 及電樞反應的去磁效應 影響，負載端電壓(V_L)會隨著負載電流(I_L)增加而逐漸降低，所形成的外部特性曲線為下降 曲線。
 9. 分激磁場繞組串聯的可變電阻(場變阻器 R_f)調的越低，磁場電流(I_f)越大，磁通量(ϕ)增強，稱為磁場控制法。
 10. 直流分激式發電機的電壓能順利建立，需滿足下列條件：
 - (1) 鐵心中需有適量的剩磁
 - (2) 繞組所產生的磁通方向必須與剩磁方向相同
 - (3) 場電阻必須小於 臨界場電阻
 - (4) 轉速必須高於 臨界轉速
 - (5) 電樞旋轉方向、場電阻連接及剩磁方向必須正確。
 11. 分激式發電機負載增加時，端電壓除了受到電樞繞組壓降 及電樞反應的去磁效應 影響而降低外，因 磁場電流(I_f) 連帶下降，故分激式發電機電壓下降程度較外激式大。
 12. 分激發電機負載端短路時，負載端電壓 $V_L = 0V$ ，此時磁場電流 $I_f = 0A$ ，電樞繞組只有感應產生微量的剩磁 電壓，使得短路電流不致於太大，因此分激發電機具有短路 保護的功能。

13. 串激式發電機無載時，負載電流 $I_L = 0$ ，磁場繞組無法產生磁通，電樞只有極低的剩磁電壓；當負載逐漸增加，起初端電壓 V_L 會隨負載增加而上升。當磁場接近飽和時，感應電勢 E 變化趨緩，造成端電壓 V_L 反而降低。
14. 串激式發電機的應用有：
- (1) 電壓上升部份：做為升壓機，補償長距離配電(電化鐵路)線路所發生的壓降。
 - (2) 電壓下降部份：負載電流幾乎保持恆定，設計成有很大的電樞反應，做為定電流配電(串聯弧光燈)或電焊用。
15. 複激式發電機依據兩個磁場繞組的接線方式分為：
- (1) 短並聯複激式：電樞繞組先與分激場繞組並聯，再與串激場繞組串聯。
 - (2) 長並聯複激式：電樞繞組先與串激場繞組串聯，再與分激場繞組並聯。
16. 複激式發電機依據兩繞組所產生的磁通方向分為：
- (1) 積複激式發電機：分激場磁通與串激場磁通方向相同，總磁通為兩者之和 ($\phi_T = \phi_f + \phi_s$)。
 - (2) 差複激式發電機：分激場磁通與串激場磁通方向相反，總磁通為兩者之差 ($\phi_T = \phi_f - \phi_s$)。
17. 積複激式發電機透過調整串激場繞組匝數或是分流器電阻，分為：
- (1) 過複激式：滿載端電壓比無載端電壓高，電壓調整率 $V.R.\% < 0$ 。
用於礦區、電車等長距離供電場所，彌補線路壓降。
 - (2) 平複激式：滿載端電壓與無載端電壓幾乎相同，電壓調整率 $V.R.\% = 0$ ，
用於需要恆定電壓的場所。
 - (3) 欠複激式：端電壓還是會隨著負載增加而下降，電壓調整率 $V.R.\% > 0$ ，
雖然電壓下降幅度較分激發電機小，但是特性不夠明顯，很少使用。
18. 差複激發電機無載時可以順利建立電壓，但是負載增加，端電壓快速下降，電壓調整率 $V.R.\% \gg 0$ ，但是電流變動不大，適用於需要限制電流的場合，例如蓄電池充電或是電弧焊接之電源。
19. 發電機的並聯運用的優點包括：(1)增加負載供應量、(2)提高供電穩定度、(3)提高運轉效率、(4)減少備載容量、(5)延長發電機壽命。
- 6-4 20. 分激發電機並聯運用的條件包括：(1)端電壓須相同、(2)極性連接要一致、(3)負載與發電機容量成正比、與電樞電阻成反比、(4)具備下垂外部特性。

21. 複激發電機並聯時，必須注意(1)兩機必須都為積複激、(2)串激場繞組要接於匯流排的同一側、(3)兩機必須有均壓線連接、(4)串激場電阻和容量成反比，而容量和擔任之負載成正比。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P6-6~6-11

課外題

一、精選題

- (A) 1. 一部分激式發電機，其感應電勢為 100V，電樞電流為 50A，電樞電阻為 0.2Ω，場電阻為 90Ω，則端電壓和輸出功率各為多少？

(A)90V，4410W (B)95V，4800W (C)85V，3950W (D)80V，4210W。

解 端電壓 $V_L = E - I_a R_a = 100 - 50 \times 0.2 = 90V$

$$I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{90}{90} = 1A, \quad I_L = I_a - I_f = 50 - 1 = 49A$$

$$\text{輸出功率 } P_L = V_L \times I_L = 90 \times 49 = 4410W$$

- (C) 2. 有一部 10kW，100V 短並聯式複激發電機，其中電樞電阻為 0.05Ω，串激場電阻為 0.06Ω，分激場電阻為 53Ω，則應電勢約為

(A)100V (B)106V (C)111V (D)116V。

解 $I_L = \frac{10kW}{100V} = 100A, \quad V_f = V + I_L R_s = 100 + 100 \times 0.06 = 106V,$

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{106V}{53\Omega} = 2A$$

$$I_a = I_L + I_f = 100 + 2 = 102A, \quad E = V_f + I_a R_a = 106 + 102 \times 0.05 = 111.1V$$

- (B) 3. 一串激式發電機提供 220V、2.2kW 之負載，其電樞電阻為 0.3Ω，串激場繞組電阻為 0.5Ω，則關於此發電機之敘述下列何者正確？

(A)此發電機電樞電流為 100A (B)此發電機產生之感應電勢為 228V

(C)此發電機激磁電流為 50A (D)此發電機產生之感應電勢為 220V。

解 $I_L = \frac{2.2kW}{220V} = 10A, \quad \text{應電勢 } E = V_L + I_L (R_a + R_s) = 220 + 10(0.3 + 0.5) = 228V$

二、情境題

- (D) 4. 小楊在做直流分激發電機建立電壓實驗時，若希望分激發電機能正常建立電壓，不需滿足以下何種條件？

(A)剩磁要夠大 (B)場電阻要夠低
(C)剩磁方向要適當 (D)負載特性要適當。

解 直流分激發電機電壓建立與否與負載無關

- (A) 5. 小陳將 A、B 兩台分激發電機接成並聯運轉的方式，供應負載，在負載不變之情況下，小陳將 A 機的轉速突然增加，則兩機分擔之負載電流的變化為

(A)A 機增大，B 機減少 (B)A 機減少，B 機增大
(C)維持不變 (D)二機皆增大。

解 A 機轉速增加，應電勢上升，分擔的電樞電流增加；負載不變下，B 機分擔的電樞電流減少

鍛鍊本解答－高手過招

- (D) 1. 有 A、B 兩部直流分激發電機作並聯供電一負載，A 之電樞電阻為 0.1Ω 、磁場電阻為 110Ω 、無載感應電勢為 $235.5V$ ；B 機之電樞電阻為 0.05Ω 、磁場電阻為 220Ω 、無載感應電勢為 $227.4V$ ，則並聯端電壓在 $220V$ 時之負載功率為何？

(A)40kW (B)48kW (C)60kW (D)66kW。 【108 統測】

$$\text{解 } I_A = \frac{235.5 - 220}{0.1} - \frac{220}{110} = 153A, \quad I_B = \frac{227.4 - 220}{0.05} - \frac{220}{220} = 147A$$

$$\text{總負載電流 } I = 153 + 147 = 300A, \quad P = VI = 300 \times 220 = 66kW$$

- (A) 2. 下列直流發電機，在正常轉速下，何者在無載時不能成功建立感應電勢？

(A)串激式 (B)分激式 (C)他(外)激式 (D)複激式。 【108 統測】

- (B) 3. 下列關於直流發電機之特性曲線的敘述，何者正確？

(A)磁化曲線描述滿載時電樞電流和電樞感應電動勢間之關係

(B)外部特性曲線描述輸出端電壓和負載電流間之關係

(C)內部特性曲線描述激磁電流和電樞感應電動勢間之關係

(D)電樞特性曲線描述負載電流和電樞電流間之關係。 【106 統測】

