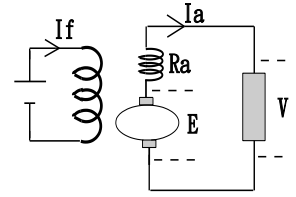


第 4 章 直流發電機特性及應用

1. 直流發電機之分類：

(1) 外（他）激式發電機：

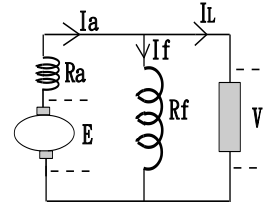
$$E = V + I_a \times R_a + V_b ; V_b (\text{電刷壓降})$$



(2) 分激式發電機：

$$I_L = I_a - I_f ; I_f = \frac{V}{R_f}$$

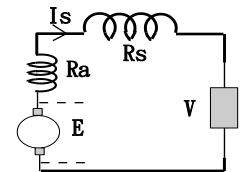
$$E = V + I_a \times R_a + V_b ; V_b (\text{電刷壓降})$$



(3) 串激式發電機：

$$I_L = I_a = I_s$$

$$E = V + I_s \times (R_a + R_s) + V_b ; V_b (\text{電刷壓降})$$

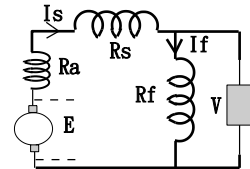


(4) 複激式發電機：

① 長並聯複激式發電機：（先串再並）

$$I_a = I_s ; I_L = I_a - I_f ; I_f = \frac{V}{R_f}$$

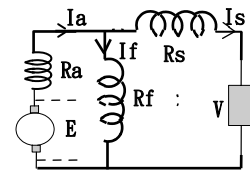
$$E = V + I_a \times (R_a + R_s) + V_b ; V_b (\text{電刷壓降})$$



② 短並聯複激式發電機：（先並再串）

$$I_L = I_s ; I_L = I_a - I_f ; I_f = \frac{V + I_s \times R_s}{R_f}$$

$$E = (V + I_s \times R_s) + I_a \times R_a + V_b ; V_b (\text{電刷壓降})$$



例 1：有一台他激式直流發電機，電樞電阻為 0.2Ω ，已知在某轉速時，供應負載之端電壓為 200 V ，且負載電流為 2 A 。現在將轉速增加為原來的 1.2 倍，場電流不變，且省略電刷壓降，則負載之端電壓應為何？(A) 180 V (B) 200 V (C) 220 V (D) 240 V 。

例 2：某直流分激式發電機，電樞繞組感應電勢為 100 伏特，電樞電阻為 0.1 歐姆，磁場繞組電阻為 45 歐姆，當電樞電流為 100 安培時，不考慮電刷壓降，發電機之輸出功率為 (A) 3572 (B) 10000 (C) 6462 (D) 8820 瓦特。

例 3：某直流串激式發電機，若負載電流為 1 A ，供應 100 W 之電燈一個，電樞電阻為 3 歐姆，場電阻為 6 歐姆，線路電阻共 1Ω ，電刷壓降 2 V ，則電樞繞組感應電勢為 (A) 88 V (B) 100 V (C) 106 V (D) 112 V 。

例 4：某直流短分路複激發電機，當負載電流為 100 安培時，端電壓為 115 伏特，分激場電流為 5 A ，電樞電阻為 0.04 歐姆，串激場電阻為 0.04 歐姆，分流器電阻為 0.06 歐姆，不考慮電刷壓降，電樞繞組感應電勢為 (A) 102.7 (B) 115 (C) 118.8 (D) 121.6 伏特。

2. 直流發電機之特性：

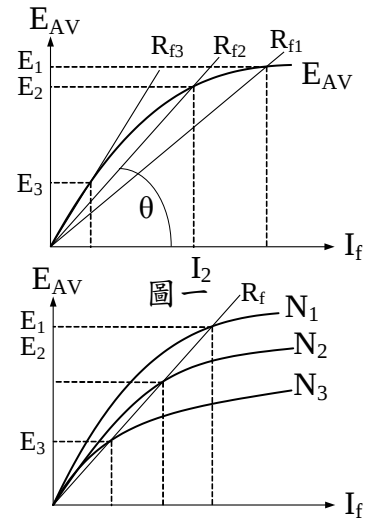
(1) 外（他）激式發電機： $E=K\phi n$

①無載飽和曲線：應電勢 E （縱座標）與磁場電流 I_f （橫坐標）的關係又稱無載磁化曲線。

a.當速度固定時，感應電勢之建立大小隨場電阻而反比變化，如圖一所示， $E_1 > E_2 > E_3$ ， $R_{f1} < R_{f2} < R_{f3}$ 。

$$R_{f2} = \frac{E_2}{I_2} = \tan\theta = \text{斜率}$$

b.當磁場固定時，感應電勢與發電機的轉速成正比，如圖二所示， $E_1 > E_2 > E_3$ ， $N_1 < N_2 < N_3$ 。



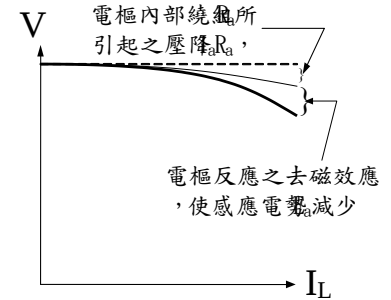
圖二

②外部特性曲線：端電壓 V （縱座標）與負載電流 I_L （橫坐標）的關係，又稱負載特性曲線。

負載端電壓會逐漸下降，其主要原因有：

- 電樞電阻壓降 $I_a R_a$ 。
- 電樞反應之去磁效應，使 E_a 減少。
- 電刷壓降 V_B 。

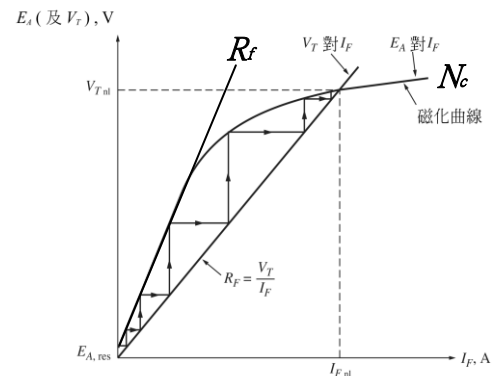
由公式 $V = E_a - I_a R_a - V_B$ 得知，端電壓會減少。



(2) 分激式發電機： $E=K\phi_f n$

①直流分激式發電機建立電壓的步驟：

- 發電機的轉速不變。
- 電樞繞組切割剩磁 Φ_r 產生剩磁電壓 E 。
- 剩磁電壓 E 跨接在分激繞組上，產生磁場電流 I_f 及磁通 Φ_f 。
- 此時磁通 Φ_f 與剩磁 Φ_r 同方向，使磁通 $\Phi = \Phi_f + \Phi_r$ 增加進而使應電勢 E 增加。
- 重覆 c、d 步驟應電勢逐步上升至磁化曲線與磁場電阻線之交點 V_T 停止。
- 發電機建立電壓的高低視曲線交點位置而定。
- 臨界磁場電阻 R_c ：能建立電壓的最大廠電阻，即為與無載飽和曲線相切之場電阻線。
- 臨界轉速 N_c ：能建立電壓的最低轉速，即為與場電阻線相切之轉速。



②電機建立電壓的條件：

- 須有剩磁。
- 剩磁與場磁通的方向要一致。
- 磁場電阻 R_f 須小於臨界磁場電阻 R_c 。
- 轉速 N 須大於臨界轉速 N_c 。

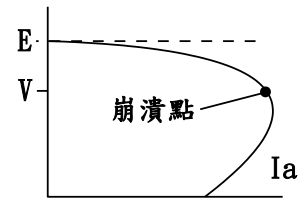
③外部特性曲線：

當發電機負載增加時，端電壓會下降的原因為：

- 電樞電阻壓降 $I_a R_a$ 。
- 電樞反應之去磁效應 E_d 。
- 電流通過電刷引起的電刷壓降 V_B 。

d. 上述端電壓 V_L 的下降，使激磁電流 I_f 減少磁通 Φ 降低，造成端電壓再度下降。

當負載持續增加超過崩潰點時，發電機磁場只有剩磁，故分激式發電機具有短路自我保護作用，發生短路時不會燒毀。

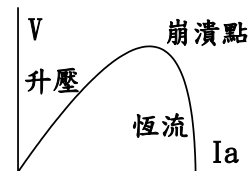


(3) 串激式發電機： $E=K \phi_s n$

①串激式發電機無載時無法建立電壓。

②輕載時鐵心未飽和，此時 ϕ_s 正比 I_a 故 V 隨之上升具有升壓作用，可作為補償線路壓降之昇壓機。

③過載時鐵心飽和， ϕ_s 不再隨 I_a 增加，但電樞反應劇增故 V 下降具有恆流效果，可作為弧光燈之電源。



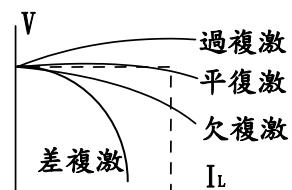
(4) 複激式發電機：

①積複激式發電機： $E = K(\phi_f + \phi_s)n$

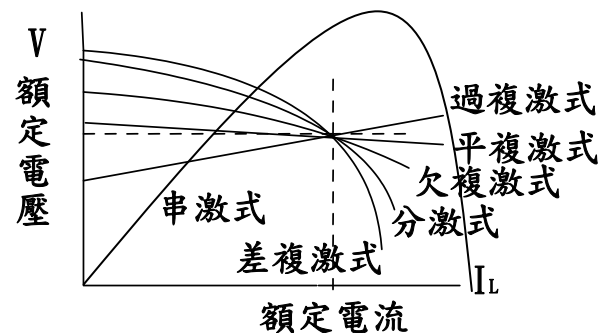
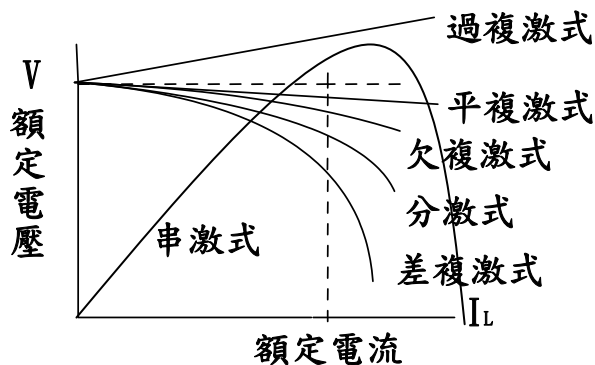
a. 過複激式發電機： $\phi_s > (I_a R_a + e_d + V_b)$ ， V 上升。

b. 平復激式發電機： $\phi_s = (I_a R_a + e_d + V_b)$ ， V 不變。

c. 欠複激式發電機： $\phi_s < (I_a R_a + e_d + V_b)$ ， V 下降。



②差複激式發電機： $E = K(\phi_f - \phi_s)n$ ， V 快速下降。



$$3. \text{電壓調整率 } VR\% = \frac{V_{NL}(\text{無載端電壓}) - V_{FL}(\text{滿載端電壓})}{V_{FL}(\text{滿載端電壓})} \times 100\% = \frac{I_a R_a}{V_{FL}} \times 100\%$$

過複激式發電機 $VR\% < 0$ ；差複激式發電機 $VR\% > 0$ 。

例 1：有關直流發電機在額定轉速下的無載飽和特性曲線之敘述，下列何者正確？

- 電樞電流與電樞感應電勢的關係
- 激磁電流與電樞電流的關係
- 激磁電流與電樞感應電勢的關係
- 電樞電流與轉速的關係。

例 2：直流他激式發電機之無載飽和特性曲線與下列何者特性曲線相似？

(A) 直流他激式發電機之外部特性曲線 (B) 鐵心的磁化曲線

(C) 直流他激式發電機之電樞特性曲線 (D) 直流他激式發電機之內部特性曲線。

例 3：分激式直流發電機之無載端電壓為 250 伏特，滿載端電壓為 200 伏特，此直流發電機的電壓調整率為多少？(A)50%(B)25% (C)15%(D)5%。

例 4：下列何者不是直流分激發電機自激建立電壓必須具備之條件？(A)剩磁要足夠(B)剩磁方向要適當(C)轉速須夠高(大於臨界速度)(D)負載特性要適當。

例 5：過複激發電機之電壓調整率為(A)零 (B)負值(C)恆為正值(D)以上皆非。

4.發電機並連：

(1) 發電機並聯優點：

- ①提高運轉效率。
- ②彌補單機容量限制。
- ③減少預備機容量。
- ④方便檢修。

(2) 分激式發電機並聯條件：

- ①電壓額定須相同。
- ②端子極性需相同。
- ③V-IL 曲線有下垂特性。
- ④積複激式發電機並聯時應加裝均壓線且負載分配和串激場電組成反比。

(3) $P_1 + P_2 = P_L$ ， $I_1 + I_2 = I_L$ ， $V = E_1 - I_1 \times R_1 = E_2 - I_2 \times R_2$ ， $P_1 = V I_1$ 、 $P_2 = V I_2$

例 1：兩台複激發電機作並聯運轉，其中發電機 G1 容量為 300kW，發電機 G2 容量為 250kW，若發電機 G1 的串激場電阻為 0.05Ω ，則發電機 G2 的串激場電阻應該為 (A) 0.042Ω (B) 0.05Ω (C) 0.038Ω (D) 0.06Ω 。

例 2：兩台分激發電機作並聯運轉，供應 100A 負載，若場電流不計，發電機 G1，應電勢 $E_1 = 110V$ ，電樞電阻 $R_{a1} = 0.1 \Omega$ ；發電機 G2，應電勢 $E_2 = 112V$ ，電樞電阻 $R_{a2} = 0.1 \Omega$ ，G1、G2 分擔之負載電流分別為 (A)30A、70A (B)40A、60A (C)60A、40A (D)70A、30A。

歷屆試題：

102 年：下列何者不是直流發電機並聯運用的優點？(A) 增加負載電壓 (B) 運轉效率提升 (C) 不受單機容量之限制 (D) 提高供電可靠度。

102 年：一部並激式直流發電機提供 300V、4.5 kW 的負載，已知電樞電流 17 A，電樞電阻 0.1Ω ，在不考慮電樞反應及電刷壓降下，下列敘述何者錯誤？(A) 激磁電流 2 A (B) 激磁場電阻 150Ω (C) 負載電流 15A (D) 電樞感應電動勢 305V。

101 年：一他激式直流發電機供給 20kW、200V 負載，其電樞電阻為 0.2Ω ，場電阻為 50Ω 。

- 若每只電刷壓降為 1V，請問該發電機電樞繞組的感應電動勢為何？(A) 220V (B) 221V (C) 222V (D) 223V。
- 100 年：一串激式發電機提供 220 V、2.2 kW 之負載，其電樞電阻為 $0.3\ \Omega$ ，串激場繞組電阻為 $0.5\ \Omega$ ，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。
- 100 年：兩部分激發電機 A、B 作並聯運轉，A 的無載感應電勢為 220 V，電樞電阻為 $0.1\ \Omega$ ，激磁場電阻為 $50\ \Omega$ ；B 的無載感應電勢為 220 V，電樞電阻為 $0.2\ \Omega$ ，激磁場電阻為 $40\ \Omega$ ，負載端電壓為 200 V，則下列何者正確？(A) A 發電機激磁電流為 50 A (B) A 發電機之電樞電流為 100 A (C) B 發電機之電樞電流為 100 A (D) 負載端總輸出功率為 30 kW。
- 99 年：有一 5 kW、100 V 直流分激式發電機，場電阻為 $100\ \Omega$ ，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) $0.68\ \Omega$ (B) $0.53\ \Omega$ (C) $0.47\ \Omega$ (D) $0.39\ \Omega$ 。
- 98 年：一直流串激式發電機，無載感應電動勢為 120 伏特，電樞電阻為 0.1 歐姆，串激場電阻為 0.02 歐姆，當電樞電流為 100 安培時，若忽略電刷壓降，則此發電機輸出功率為何？(A) 10800 瓦特 (B) 9600 瓦特 (C) 8000 瓦特 (D) 6000 瓦特。
- 97 年：有一分激式直流發電機，感應電動勢為 100 V，電樞電阻為 $0.1\ \Omega$ ，電樞電流為 40 A，磁場電阻為 $48\ \Omega$ ，若忽略電刷壓降，則輸出功率為何？(A) 3648 W (B) 3800 W (C) 3964 W (D) 4000 W。
- 97 年：甲、乙兩台分激發電機並聯供給 100 A 負載，甲發電機無載電壓為 100V，電樞電阻為 $0.04\ \Omega$ 。乙發電機無載電壓為 98 V，電樞電阻為 $0.05\ \Omega$ 。若不計激磁電流及電樞反應，則負載端電壓為何？(A) 100 V (B) 98 V (C) 96.89 V (D) 94.2 V。
- 96 年：一直流發電機，滿載時端電壓為 250 V，電壓調整率為 5%，則無載端電壓為多少？(A) 262.5 V (B) 264.5 V (C) 266.5 V (D) 268.5 V。
- 95 年：有關他激式(外激式)直流發電機的負載特性(外部特性)曲線之敘述，下列何者正確？(A) 描述發電機轉速與電樞電流的關係 (B) 描述發電機轉速與端電壓的關係 (C) 描述發電機磁場電流與端電壓的關係 (D) 描述發電機電樞電流與端電壓的關係。
- 95 年：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。