

第 3 章 同步發電機之特性

1. 同步發電機電樞反應：

(1) 電樞電流為純電阻性：電樞電流與應電勢同相

①產生正交磁效應：又稱橫軸效應

②使主磁場前半部減少；後半部增加，磁場扭曲。

(2) 電樞電流為純電感性：電樞電流滯後應電勢 90°

①產生去磁效應：又稱直軸效應

②使主磁場減弱。

(3) 電樞電流為純電容性：電樞電流超前應電勢 90°

①產生加磁或助磁效應：又稱直軸效應

②使主磁場增加。

(4) 電樞電流為電感性：電樞電流滯後應電勢 θ°

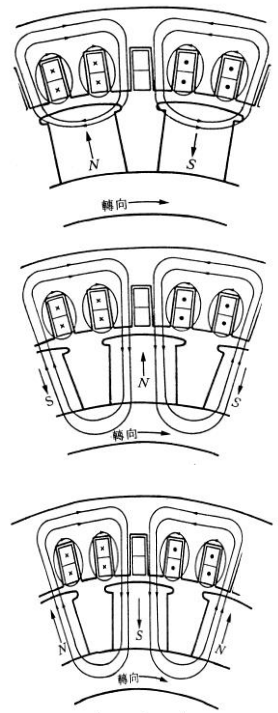
①產生去磁及交磁效應。

②使主磁場減弱並畸變。

(5) 電樞電流為電容性：電樞電流超前應電勢 θ°

①產生加磁及交磁效應。

②使主磁場增加並畸變。



2. 電樞漏磁電抗、同步電抗與同步阻抗：

(1) 電樞漏磁電抗 X_l ：電樞電流所產生的磁通小部份不與主磁場相作用而與電樞導體交鏈，而產生電樞漏磁電抗。

(2) 同步電抗 X_s ：電樞反應電抗 X_a + 電樞漏磁電抗 X_l 。

(3) 同步阻抗 Z_s ：同步電抗 X_s + 電樞交流有效電阻 R_a ；即

$$Z_s = R_a + jX_s = \sqrt{R_a^2 + X_s^2}$$

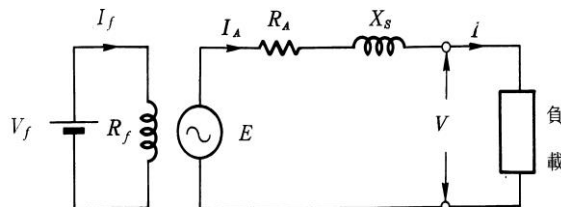
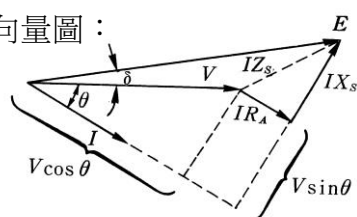
發電機之 Z_s 愈小，電壓調整率愈佳，輸出電壓較穩定。

水輪機之 Z_s 較汽輪機為小。

3. 向量圖及電壓調整率：

(1) 每相等效電路圖：

(2) 向量圖：



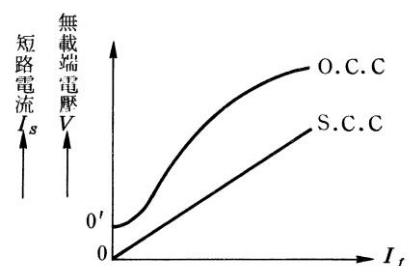
(3) 電樞應電勢 E ： $\bar{E} = \bar{V} + \bar{I}(R_a + jX_s) = \sqrt{(V \cos \theta + IR_a)^2 + (V \sin \theta \pm IX_s)^2}$

(4) 電壓調整率 $V.R\%$ ： $V.R\% = \frac{E - V}{V} \times 100\%$

4. 同步發電機之特性曲線：

(1) 無載飽和曲線：由開路試驗求得，又稱 O.C.C 曲線。

①發電機無載時，激磁電流 I_f 與無載電壓 $V(=E)$ 之關係曲線。



無載飽和曲線與短路特性曲線

(2) 短路特性曲線：由短路試驗求得，又稱 S.C.C 曲線。

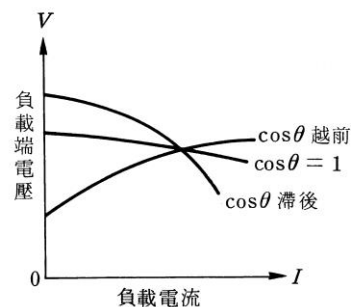
①將發電機電樞短路時，激磁電流 I_f 與電樞短路電流 I_s 之關係曲線。

②為一條直線。

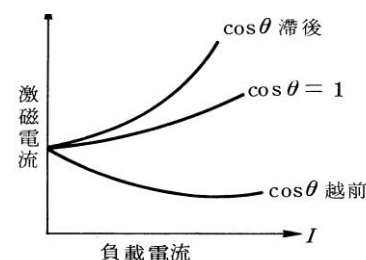
(3) 外部特性曲線：激磁電流不變下，負載電流 I 與負載端電壓 V 之關係曲線。

(4) 激磁特性曲線：負載端電壓不變下，激磁電流 I_f 與負載電流 I 之關係曲線。

例 1：同步發電機於負載變動時，若欲維持其電壓之穩定，在滯後功因之負載增大時，應 (A)並聯電抗器 (B)增加場激 (C)減弱場激 (D)提高轉速。(88 保甄)



外部特性曲線



激磁特性曲線

5. 同步阻抗測量與短路比：

(1) 電樞電阻 R_a 之測量：設交流電阻與直流電阻比為 1.5。

①Y 接線時：

$$R_{a(AC)} = 1.5R_{a(DC)} = 1.5 \times \frac{V}{2I} = 0.75 \frac{V}{I}$$

②Δ 接線時：

$$R_{a(AC)} = 1.5R_{a(DC)} = 1.5 \times \frac{3}{2} \times \frac{V}{I} = 2.25 \frac{V}{I}$$

(2) 同步阻抗之測量：同步阻抗為同一激磁電流下，開路電壓與短路電流之比值。

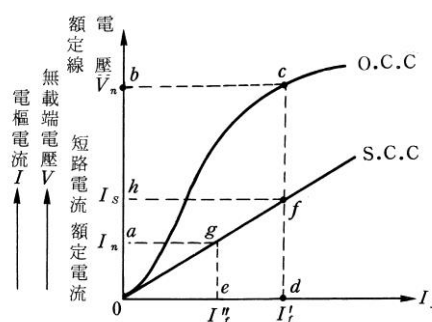
$$Z_s = \frac{V_n / \sqrt{3}}{I_s} ; \text{ 設 Y 接}$$

(3) 同步阻抗百分比 $Z_s\%$ ：

$$Z_s\% = \frac{I_n Z_s}{V_n / \sqrt{3}} \times 100\% = \frac{I_n}{\frac{V_n}{\sqrt{3} Z_s}} \times 100\% = \frac{I_n (\text{額定電流})}{I_s (\text{短路電流})}$$

同步阻抗標么值 $Z_{s(PU)}$ ：

$$Z_{s(PU)} = \frac{Z_s}{Z_{s(b)}} = \frac{\frac{V_n / \sqrt{3}}{I_s}}{\frac{V_n / \sqrt{3}}{I_n}} = \frac{I_n (\text{額定電流})}{I_s (\text{短路電流})} = \frac{Z_s\%}{100\%}$$



(4) 短路比 K_s ： $K_s = \frac{I_f' (\text{無載時產生額定電壓所須之激磁電流})}{I_f'' (\text{短路時產生額定電流所須之激磁電流})} = \frac{I_s (\text{短路電流})}{I_n (\text{額定電流})} = \frac{1}{Z_{s(PU)}}$

汽輪發電機短路比約在 0.6~1.0

(5) 水輪發電機短路比約在 0.9~1.2

例 1：下列對同步發電機之短路比、電壓調整率與同步電抗的敘述，何者正確？ (A)短路比愈大，同步電抗愈大 (B)短路比愈大，電壓調整率愈小 (C)短路比愈小，電壓調整率愈小 (D)同步電抗愈小，電壓調整率愈大。(90 四技二專)

例 2：某部三相同步發電機，其同步阻抗為 1.25 標么，則其短路比(SCR)為 (A)2.17 (B)1.25 (C)0.8 (D)0.72。(88 四技二專)

例 3：若某 2000KVA，3.3KV 之三相同步發電機，其百分率同步阻抗為 60%，則其同步阻抗應為多少歐姆？ (A)2.345 (B)2.986 (C)3.267 (D)4.375。(89 聯甄)

例 4：三相 Y 接同步發電機，5000KVA，6000V。激磁電流為 200A，此時之開路電壓為 6000V，短路電流為 600A。試求發電機之短路比為？ (A)0.72 (B)1.247 (C)7.2 (D)12.47。(88 保甄)

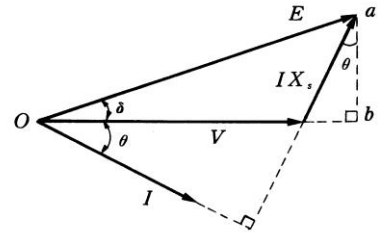
6.輸出功率：

$$(1) \text{ 發電機每相之輸出功率 } P = \frac{VE}{X_s} \sin \delta$$

$$P = VI \cos \theta \text{ 而 } ab = IX_s \cos \theta = E \sin \delta$$

$$\text{故 } I \cos \theta = \frac{E}{X_s} \sin \delta$$

$$(2) \text{ 總輸出功率為 } P = q \cdot \frac{VE}{X_s} \sin \delta$$



例 1：有一台 Y 接三相同步發電機供應三相負載，發電機每相之感應電勢為 $220 \angle 0^\circ \text{V}$ ，省略電樞電阻，負載端之相電壓為 $220 \angle -30^\circ \text{V}$ 。已知發電機輸出之三相實功率為 6kW，則其每相之同步電抗值應為若干 Ω ？ (A)10 (B)11 (C)12 (D)13。(91 四技二專)

例 2：同步發電機之無負載感應電勢 E 與端電壓 V 皆為定值時，發電機之輸出功率 P 與負載角 δ 之關係為 (A)P 與 δ 無關 (B)P 與 $\sin \delta$ 成反比 (C)P 與 $\cos \delta$ 成正比 (D)P 與 $\sin \delta$ 成正比。(88 四技二專)

歷屆試題：

102 年：一部 50 kVA、60 Hz、Y 接三相同步發電機，每相同步電抗為 0.5Ω ，電樞電阻忽略不計。發電機供電給功率因數 0.8 超前的額定負載時，端電壓為 380V，則發電機每相感應電壓為何？($\cos 37^\circ = 0.8$, $\sin 37^\circ = 0.6$) (A) 290 V (B) 260 V (C) 230 V (D) 200 V。

102 年：承上題，發電機的電壓調整率約為多少？(A) - 9 % (B) 6 % (C) - 6 % (D) 9 %。

102 年：關於三相同步發電機的特性曲線，下列敘述何者正確？

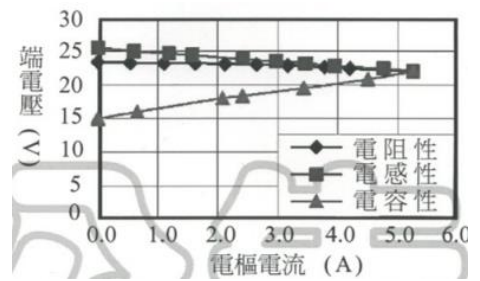
- (A) 負載特性曲線橫座標為激磁電流，縱座標為電樞電流
- (B) 負載特性曲線橫座標為發電機端電壓，縱座標為激磁電流
- (C) 激磁特性曲線橫座標為發電機端電壓，縱座標為激磁電流
- (D) 激磁特性曲線橫座標為電樞電流，縱座標為激磁電流

100 年：同步發電機連接不同特性負載時，電壓調整率會隨負載而產生變化，當同步發電機之電壓調整率為負值時，同步發電機所連接負載為何？(A) 純電阻性負載 (B) 電容性負載 (C) 純電感性負載 (D) 電感性負載。

98 年：三相同步發電機的負載為純電容性時，下列關於電樞反應的敘述何者正確？

- (A) 會有直軸反應產生正交磁效應，會升高感應電勢，電壓調整率為正值
- (B) 會有交軸反應產生去磁效應，會降低感應電勢，電壓調整率為正值
- (C) 會有直軸反應產生加磁效應，會升高感應電勢，電壓調整率為負值
- (D) 會有交軸反應產生去磁效應，會降低感應電勢，電壓調整率為負值。

96 年：右圖所示為三相同步發電機接不同性質負載下的外部特性曲線，則發電機接何種負載其電壓調整率最好？(A)電阻性，即功因為 1 時 (B) 電感性，即落後功因時 (C) 電容性，即超前功因時 (D) 條件不足，無法判斷。



96 年：有一部三相 Y 接同步發電機，額定線電壓為

220V，若開路特性試驗得：端電壓 $E_a = 220V$ ，激磁電流 $I_f = 0.92A$ ；短路特性試驗得：短路電流 $I_a = 10.50A$ ， $I_f = 0.92A$ ，則發電機每相的同步阻抗為多少？
(A) 7.0Ω (B) 10.0Ω (C) 12.1Ω (D) 20.9Ω 。

95 年：同步發電機的開路試驗，其目的為何？(A)量測磁場電流與發電機短路電流的關係 (B)量測磁場電流與發電機輸出電流的關係 (C)量測磁場電流與發電機輸出電壓的關係 (D)量測發電機的負載特性。