



CH10 同步發電機之並聯運用

10-1 並聯運用的進行

隨堂練習解答

課本 P221

- (C) 1. 下列何者不是同步發電機之並聯運轉條件？
(A)頻率相同 (B)相位角相同 (C)極數相同 (D)相序相同。
- (B) 2. 發電機並聯運轉之情況中，整步電流之功用為調整感應電動勢之
(A)波形 (B)相位 (C)相序 (D)頻率。
- 解** 兩部同步發電機並聯時，若是相位不同，兩機間會有循環電流產生，造成有效功率移轉，稱為整步電流，可將兩機相位調整成一致

10-2 並聯運用之方法

隨堂練習解答

課本 P226

- (C) 1. 利用同步儀檢查發電機是否與系統同步，若是發生指針順時針不斷旋轉，代表準備並聯發電機之
(A)相位超前 (B)相位落後 (C)頻率太高 (D)頻率太低。
- (C) 2. 同步發電機並聯運用實習過程中，使用二明一滅同步燈檢查發電機是否同步，有關三個燈泡顯示的意義，下列何者錯誤？
(A)二明一暗，表示電壓或相位稍異 (B)三燈輪流明滅，表示頻率稍異
(C)三燈皆滅，表示兩機同步 (D)三燈輪流明暗，表示頻率及電壓稍異。

10-3 負載分配

隨堂練習解答

課本 P228

- (B) 1. 同步發電機並聯運用時，有效功率與無效功率之分配敘述，何者正確？
- (A)變更原動機之速率-負載曲線，可變更無效功率之分配，改變磁場電流即可變更有效功率之分配
 - (B)變更原動機之速率-負載曲線，可變更有效功率之分配，改變磁場電流即可變更無效功率之分配
 - (C)變更原動機之速率-負載曲線或改變磁場電流，對於有效功率及無效功率之分配，並沒有產生任何影響
 - (D)變更原動機之速率-負載曲線會同時改變有效功率及無效功率之分配。
- (C) 2. 下列有關同步發電機之敘述，何者正確？
- (A)要改變輸出有效功率，需調整激磁電流
 - (B)要改變輸出無效功率，需調整原動機轉速
 - (C)發電機輸出功率增加時，其負載角會變大
 - (D)激磁電流增加時，發電機輸出電壓會降低。
- 解** 調整原動機轉速可以改變輸出有效功率，調整激磁電流改變輸出無效功率。激磁電流增加時，發電機應電勢 $E = 4.44fN\phi_m$ 會增加，輸出電壓隨之增加

10-4 追逐現象

隨堂練習解答

課本 P229

- (D) 1. 爲了抑制追逐現象，三相同步電機應該加設何種裝置？
- (A)中間極 (B)補償繞組 (C)蔽極繞組 (D)阻尼繞組。
- (C) 2. 並聯運用中的發電機，其追逐現象發生在何種情形下？
- (A)輕載時 (B)負載功率因數甚低時 (C)負載有急速的變化時 (D)無載時。

自我評量解答

課本 P230

一、選擇題

- 10-1 (B) 1. 下列何者不是同步發電機並聯運轉之條件？
 (A)電壓相同 (B)電流相同 (C)頻率相同 (D)相序相同。
- (D) 2. 下列何者為同步發電機並聯運轉的首要條件？
 (A)頻率相同 (B)相位角相同 (C)極數相同 (D)相序相同。
- (A) 3. 二台單相發電機並聯運用，與下列何者無關？
 (A)相序 (B)頻率 (C)相位 (D)電壓。
- (B) 4. 有關同步發電機並聯運轉時整步電流的敘述，下列何者錯誤？
 (A)因為相位不同而產生 (B)因為電壓不同而產生
 (C)造成有效功率轉移 (D)幫助兩機穩定運轉。
- (A) 5. 發電機並聯運轉之情況中，無效環流之出現，是因為調整感應電動勢之 (A)大小 (B)相位 (C)波形 (D)頻率。
 ● 解 同步發電機並聯時，若是電壓不同，兩機間有 $\cos\theta=0$ 的循環電流產生，可以調整兩機感應電勢大小趨於一致，但也導致銅損增加，效率降低
- (B) 6. 有 A、B 兩部三相 Y 接同步發電機做並聯運轉，若 A 機無載線電壓為 382 V，每相同步電抗 $1.2\ \Omega$ ，B 機無載線電壓為 372 V，每相同步電抗 $0.8\ \Omega$ ，若兩發電機內電阻忽略不計，則其內部環流為
 (A)2 A (B)2.89 A (C)5 A (D)10 A。
 ● 解 內部環流 $I = \frac{V_{PA} - V_{PB}}{Z_A + Z_B} = \frac{382/\sqrt{3} - 372/\sqrt{3}}{0.8 + 1.2} = 2.89\text{A}$
- 10-2 (D) 7. 兩部同步發電機並聯運用時，若沒有相序檢定器，可用下列何者來檢測相序？
 (A)頻率計 (B)轉速計 (C)動力計 (D)三相感應電動機。
- (D) 8. 兩部三相同步發電機並聯運轉時檢查順序為
 (A)電壓，頻率，相序，相位 (B)頻率，相序，相位，電壓
 (C)相序，相位，電壓，頻率 (D)相序，頻率，電壓，相位。
- (B) 9. 同步發電機欲作並聯運轉時，利用兩明一滅法以檢查同步，若出現三燈輪流明滅時，下列條件何者錯誤？
 (A)相序相同 (B)頻率一致 (C)電壓一致 (D)相位不同。

(B) 10. 兩部同步發電機並聯運轉時，利用兩明一滅法檢查同步，若出現三燈皆滅，應該如何處理？

- (A)進行並聯運轉
- (B)將其中一台原動機反轉
- (C)將其中一機的三相接線均相互換位
- (D)增加原動機轉速。

解 兩機並聯運用時，若是三燈皆滅表示相序不同，此時可將其中一機的兩接線端對調，或是將其原動機反轉

(B) 11. 利用林肯同步儀檢查發電機是否與系統同步，若是發生指針停在 11 點鐘方向不動，代表準備並聯發電機之

- (A)相位超前 (B)相位落後 (C)頻率太高 (D)頻率太低。

解 利用林肯同步儀檢查同步時，若相位不同，則指針偏轉指示出其相位差，本題指針停在11點鐘方向，代表準備並聯發電機之相位較系統落後一些

10-3 (C) 12. 下列有關同步發電機之敘述，何者正確？

- (A)要改變輸出有效功率需調整激磁電流
- (B)要改變輸出無效功率需調整原動機轉速
- (C)發電機輸出功率增加時，其負載角會變大
- (D)激磁電流增加時，發電機輸出電壓會降低。

解 調整原動機轉速可以改變輸出有效功率，調整激磁電流改變輸出無效功率。激磁電流增加時，發電機應電勢 $E = 4.44 f N \phi_m$ 會增加，端電壓隨之增加

(D) 13. 對一部與無窮母線並聯運轉之交流同步發電機，若只調整激磁電流大小，下列敘述何者正確？

- (A)可以改變發電機轉速 (B)可以改變有效功率分配
- (C)可以維持恆定發電機轉速 (D)可以改變無效功率分配。

解 改變激磁電流，能改變功率因數及無效功率(Q)之分配

(D) 14. A、B 兩同步發電機並聯後，調高 A 機激磁，則下列敘述何者錯誤？

- (A) A 機供應無效功率提高 (B) A 機供應電樞電流增加
- (C) A 機功率因數減少 (D) A 機負載角變大。

解 兩機並聯後，若只調高 A 機激磁，由於 A 機應電勢增加，此時產生無功電流，造成電樞電流增加，供應之無效功率提高，功率因數減少

- 10-4 (C)** 15. 供電中的交流同步發電機，追逐現象發生於
 (A)滿載時 (B)無載時 (C)負載急劇變化時 (D)起動瞬間。
- (B) 16. 交流同步發電機裝設阻尼繞組的目的是
 (A)幫助起動 (B)防止追逐現象 (C)抵消電樞反應 (D)避免自激現象。

二、問答與計算題

1. 說明同步發電機並聯運用的條件。

解 同步發電機並聯前，必須確認各機至少符合下列條件：

- (1)電壓大小相同 (2)相序相同 (3)頻率相同 (4)相位相同
 (5)波形相同 (6)原動機角速度必須穩定，且具有適當的速率-負載特性。

2. 說明整步電流發生的原因與特性為何？

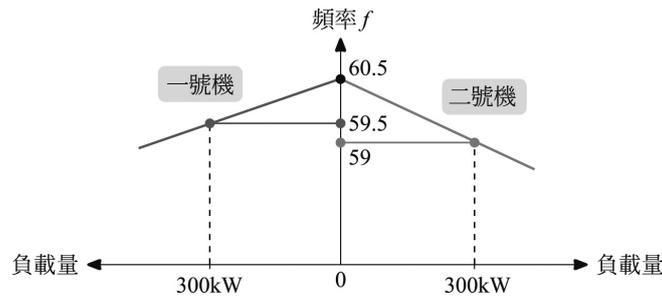
解 若兩台同步發電機並聯時，若是兩機間只有相位不同，會造成兩機應電勢間產生電壓差，使得兩發電機間產生環流 I_c 。由於相位不同所產生的環流 I_c 與兩機應電勢夾角都小於 90° 電機角，會造成兩機間的有效功率移轉，使得兩機逐漸趨於穩定運轉，因此環流又稱為整步電流，但若相位差超過 90° 電機角時，整步功率反而減小，無法並聯運轉。

3. 說明同步發電機負載分配的做法。

解 同步發電機並聯時的負載分配做法包括：

- (1) 有效功率 P ：調整發電機之輸入功率。為了維持頻率不變，在增加一部發電機的輸入功率時，必須同時減少另一部發電機的輸入功率。
- (2) 無效功率 Q ：調整發電機之激磁電流。為了維持系統電壓不變，在增加一部發電機的激磁電流時，必須同時減少另一部發電機的激磁電流。

4. 如圖(1)有兩台容量均為 300 kVA 交流同步發電機並聯供應負載，1 號機之輸出功率-速率曲線由無載增至滿載 300 kW，頻率由 60.5 Hz 降至 59.5 Hz，2 號機之輸出功率-速率曲線由無載增至滿載 300 kW，頻率由 60.5 Hz 降至 59 Hz，則(1)負載為 450 kW 時，則各機分擔之負載及頻率為何？(2)當功率因數為 1 時，兩機所能提供的最大負載為何？



圖(1)

解 (1) 利用斜率關係可得：

$$\text{一號機負載量與頻率之關係為：} \frac{60.5 - 59.5}{300} = \frac{60.5 - f}{P_1} \dots\dots(1)$$

$$\text{二號機負載量與頻率之關係為：} \frac{60.5 - 59.5}{300} = \frac{60.5 - f}{P_2} \dots\dots(2)$$

$$\text{將兩式相除後可得：} \frac{1}{1.5} = \frac{P_2}{P_1}, \text{ 因此 } P_1 = 1.5P_2 \dots\dots(3)$$

$$\text{負載為 450kW 時，} \begin{cases} P_1 = 1.5P_2 \\ P_1 + P_2 = 450 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = 270\text{kW} \\ P_2 = 180\text{kW} \end{cases}$$

將 $P_1 = 270$ 帶回(1)式，可得頻率為 $f = 59.6\text{Hz}$

(2) 由於 $P_1 = 1.5P_2$ ，因此當 1 號機滿載($P_1 = 300\text{kW}$)時，2 號機輸出功率 $P_2 = 200\text{kW}$ ，兩機所能提供的最大負載 $P_{\max} = 300 + 200 = 500\text{kW}$

5. 兩部同步發電機的數據如表(1)所示，且兩機之轉速-負載特性曲線為直線，試求當系統頻率為 50 Hz 時，兩機分擔的總負載為多少？

表(1)

發電機	A	B
容量(kW)	1500	4000
電壓(V)	6600	6000
極數	2	16
無載轉速(rpm)	3200	380
滿載轉速(rpm)	2900	370

解 系統頻率為 50Hz 時，A 機轉速為 $n_{sA} = \frac{120 \times 50\text{Hz}}{2} = 3000\text{rpm}$

$$A \text{ 機分擔容量 } P_A = 1500\text{kW} \times \frac{3200 - 3000}{3200 - 2900} = 1000\text{kW}$$

$$B \text{ 機轉速為 } n_{sB} = \frac{120 \times 50\text{Hz}}{16} = 375\text{rpm}$$

$$B \text{ 機分擔容量 } P_B = 4000\text{kW} \times \frac{380 - 375}{380 - 370} = 2000\text{kW}$$

$$\text{兩機合計分擔容量為 } P_T = P_A + P_B = 3000\text{kW}$$

鍛鍊本解答－嚴選精華

- 10-11. 同步發電機並聯運用的優點包含：增加 供電容量、提高 運轉效率、提高 供電可靠度、降低 預備容量、延長壽命等。
2. 兩部同步發電機並聯時，若是電壓不同，兩機間有 $\cos\theta=0$ 的循環電流
 $(I_c = \frac{E_{p1} - E_{p2}}{Z_{s1} + Z_{s2}})$ 產生，可以調整兩機感應電勢趨於一致，但也導致銅損 增加，
 效率 降低。
3. 兩部同步發電機並聯時，若是相位不同，兩機間會有循環電流產生，造成 有效功率 移轉，稱為 整步 電流。
- 10-24. 新的同步發電機首次併入系統前，需先確認 相序 一致，之後再依序調整頻率、電壓以及相位與系統完全一致，此過程稱為 整步。
5. 利用林肯同步儀檢查同步時，當兩機相位與頻率相同，指針固定在 中央 位置。若相位不同，則指針偏轉指示出其相位差。若頻率不同時，磁場作用力使得指針 不停旋轉，新機頻率高則 順時針 旋轉，反之則 逆時針 旋轉，頻率相差愈大，指針轉速 愈快。

6. 使用二明一滅同步燈檢驗法之可能狀況如表 10-1 所示：

表 10-1 二明一滅之同步狀況

情況	三燈現象	相序	頻率	相位	電壓
1	二明一滅（同步）	相同	一致	一致	相等
2	二明一暗	相同	一致	稍異	稍異
3	三燈皆滅	相反	一致	一致	相等
4	三燈皆暗	相反	一致	稍異	稍異
5	三燈輪流明滅	相同	稍異	不定	相等
6	三燈輪流明暗	相同	稍異	不定	稍異

10-37. 同步發電機並聯時的負載分配方式包括：

- (1) 有效功率 P ：調整發電機之 輸入功率。爲了維持 系統頻率 不變，在增加一部發電機的 輸入功率 時，必須同時減少另一部發電機的 輸入功率。
- (2) 無效功率 Q ：調整發電機之 激磁電流。爲了維持 系統電壓 不變，在增加一部發電機的 激磁電流 時，必須同時減少另一部發電機的 激磁電流。

10-48. 爲了抑制 追逐 現象，同步機會在 轉子磁極面 上裝設阻尼繞組，阻尼繞組構造與 鼠籠式轉子 的短路銅棒相似，其作用爲：

- (1) 當轉子同步旋轉時，阻尼繞組 沒有作用。
- (2) 負載增加時，轉子轉速瞬間 下降，阻尼繞組受磁場切割產生應電勢，使轉子 加速。
- (3) 負載減少時，轉子轉速瞬間 上升，阻尼繞組受磁場切割產生反向應電勢，產生制動作用，使轉子 減速。

鍛鍊本解答－大顯身手

課內題

詳解請參考自我評量解答 P10-3~10-7

課外題

一、精選題

- (D) 1. 有關同步發電機之敘述，下列何者錯誤？
- (A)要改變輸出有效功率需調整原動機轉速
 (B)要改變輸出無效功率需調整激磁電流
 (C)發電機輸出功率增加時，其功率角會變大
 (D)激磁電流增加時，發電機輸出電壓會降低。
- 解** 激磁電流增加時，感應電勢上升，輸出電壓上升
- (B) 2. 使用「二明一滅」同步燈法，觀察兩台交流發電機並聯運用情形，兩發電機，電壓大小稍異、相位角稍異、頻率相同、相序不同時，同步燈的情形為？
- (A)三燈皆滅 (B)三燈皆暗 (C)三燈輪流明滅 (D)三燈輪流明暗。
- (D) 3. 有關同步發電機的並聯運轉，下列敘述何者錯誤？
- (A)想要將部分無效功率移到新併發電機，又不影響系統電壓值，需增加新併發電機激磁，減弱原發電機激磁
 (B)想要將部分負載移到新併發電機，又不影響系統頻率，需增加新併發電機速率，減弱原發電機速率
 (C)並聯運轉的同步發電機，調整同步發電機的場激磁，可以改變其功率因數及感應電勢
 (D)並聯運轉的同步發電機，調整同步發電機的原動機轉速，可改變系統頻率，不可改變功率因數。
- 解** 調整原動機轉速，可改變有效功率，所以功率因數也會改變

二、情境題

- (B) 1. 小明工廠內的同步發電機發生了追逐現象，小明由網路上搜尋到幾種改善追逐現象的方法：減小轉子的半徑、裝置阻尼繞組、原動機的轉軸裝置飛輪裝置、原動機的調速器加裝緩衝筒、增加 10%的額定電壓。請問有幾種方法可以有效改善追逐現象？
(A)二種 (B)三種 (C)四種 (D)五種。
解 裝置阻尼繞組、原動機的轉軸裝置飛輪裝置、原動機的調速器加裝緩衝筒均可改善追逐現象
- (D) 2. 小仁使用「二明一滅」同步燈法，觀察兩台交流發電機並聯運用情形，兩發電機，電壓大小稍異、相位角稍異、頻率相同、相序相同，測量出來的結果為「三燈皆暗」，其原因為何？
(A)結果正確
(B)結果錯誤，燈泡已損毀
(C)結果錯誤，三個同步燈在接線時，接成 R 相接 S 相，S 相接 T 相、T 相接 R 相
(D)結果錯誤，三個同步燈在接線時，接成 R 相接 R 相，S 相接 S 相、T 相接 T 相。

鍛鍊本解答－高手過招

- (A) 1. 當兩部同步發電機並聯運轉時，若要使系統頻率上升但不影響負載實功率分配，應該如何操作？ 【104 統測】
(A)相同比例的增加兩部發電機之原動機轉速
(B)相同比例的減少兩部發電機之原動機轉速
(C)相同比例的增加兩部發電機之激磁電流
(D)相同比例的減少兩部發電機之激磁電流。
解 同步發電機並聯運轉，調整原動機轉速，可以調整系統頻率，及有效功率之分配