

發電機自動並聯與 控制

1. 並聯的應用
2. 並聯的好處
3. 並聯的原理與同步的條件
4. 並聯的操作(含並聯控制盤)
5. 並聯機組的保護
6. 並聯問題的處理
7. 並聯設備廠家

柴油發電機並聯系統

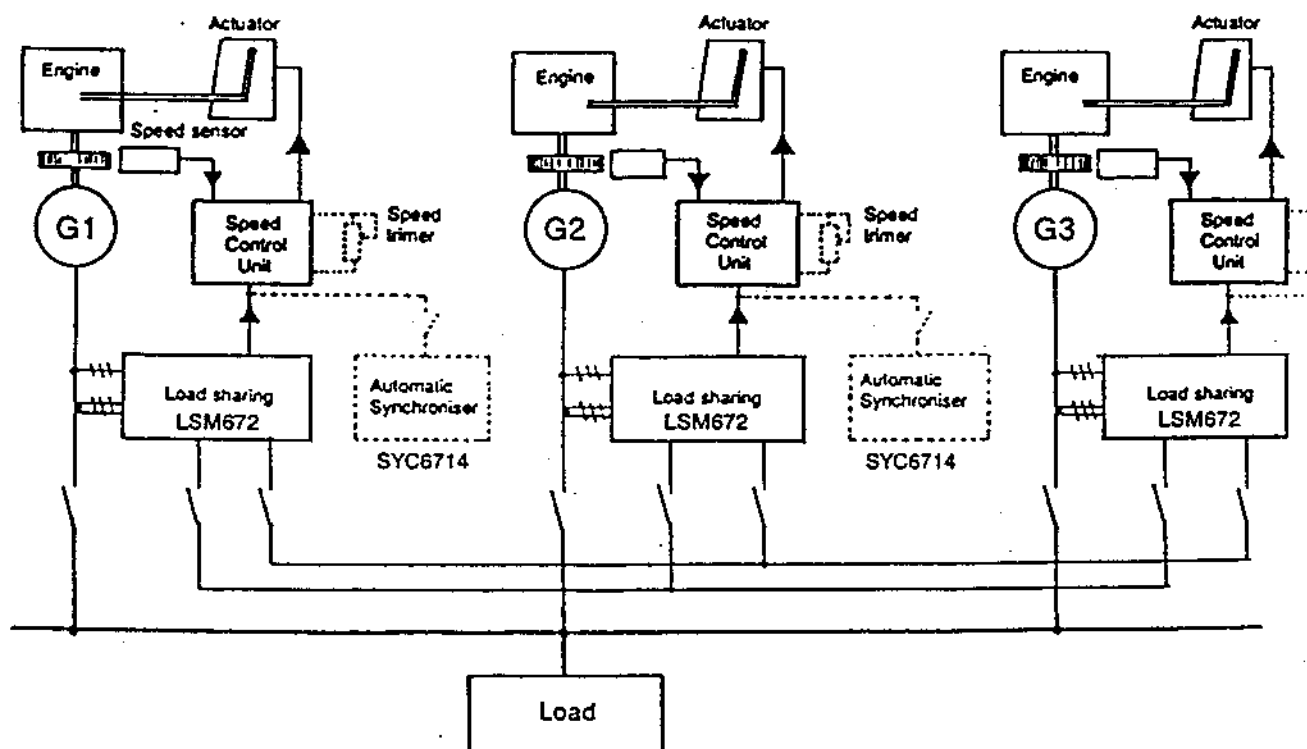
並聯的應用

(1) 柴油發電機

由於早期的並聯技術不普及，所以備用或常用柴油發電機電力設備中，很少使用並聯操作，若有的話，也是採取手動並聯方式。然而，隨著科技的進步，電子式調速器與並聯設備的出現後，並聯的技術大幅提昇，發電機組並聯的使用，也逐漸受到重視，加上並聯操作較單機的使用來得便利，經濟實惠，相信發電機並聯的要求將成為日後主流。

(2) 大電力系統

並聯的操作，除了使用在備用或常用柴油發電機電力設備外，亦被使用在大電力系統中，例如水力發電廠，火力發電廠及核能發電廠及氣電共生系統等。然而，縱使大電力系統的並聯操作，比柴油發電機組來得困難，且操作的程序，設備的保護，運轉的監控也都更為複雜，但大電力系統還是得藉著並聯操作，把所有的電力集中於同一輸配電電力網路，方能更有效地管理使用各個發電廠所產生的電力。



並聯的好處

為何發電機並聯系統將成為日後的主流，其原因不外乎發電機於並聯操作時，其電力的管理與使用，都較單機來得有效，便利及經濟實惠，好比是大電力系統的縮影。

然而，發電機並聯操作的優點，大致著重在提高發電容量，機組的維修保養，運轉的經濟效率及機組運轉壽命等訴求上。

(1) 發電容量

備用或常用的柴油發電機電力，主要在提供足夠的發電容量，供給必要的電器設備，比如大樓電梯，消防設備，緊急照明，生產線的設備或其他。然而，倘若日後的負載變大，在發電容量不足負載量的情況下，可能造成某些緊急設備無法正常使用。因此，發電機組並聯操作下，發電機的擴充性將更具彈性，發電容量也能大幅提昇。

(2) 維修保養

或許有人會認為，買一台適當或更大的發電機組，就能解決發電容量不足的問題。然而，一但機組故障或於維修保養期間，突然發生緊急情況時，發電機無法適時的發揮功用，造成個人生命財產安全的危害及生產線停擺後的損失，反倒更讓人覺得冤枉。因此，發電機並聯操作下，不但機組可以定期維修保養，亦備有緊急電力供給使用。

(3) 經濟效率

為何發電機並聯操作時，可以提高經濟效率呢？這是因為，針對不同的負載量，可以分別控制各別的發電機，負載較多時，呼叫多台的發電機投入負載，或呼叫較大的機組投入負載，一旦負載減少時，則通知不必要的發電機停機，更有效地管理使用電力及節省燃油。

(4) 運轉壽命

針對不同的負載量，雖然可以透過控制個別的發電機投入負載，達到提高經濟效率的要求。然而，如果總是由某幾台發電機承受負載，可能導致發電機的壽命減短。因此，發電機並聯操作下，可以輪流選擇不同的發電機發電，將能提高發電機組的運轉壽命。

並聯的原理與同步的條件

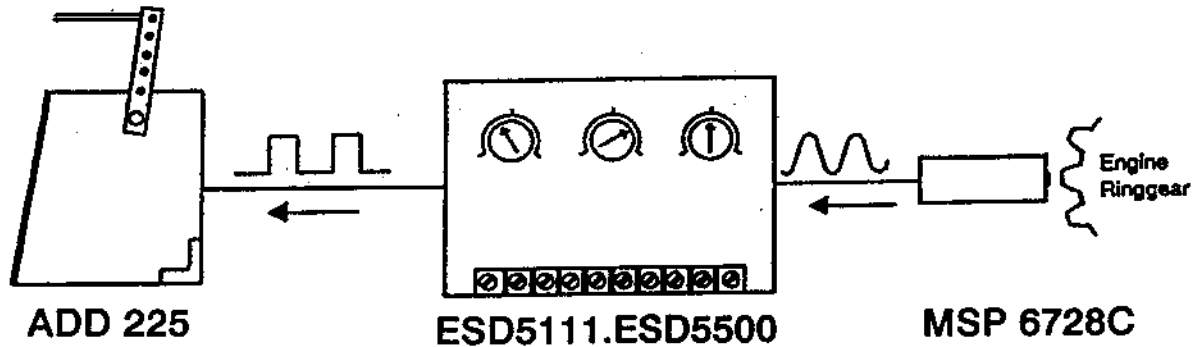
柴油發電機組並聯前，得先確認單機空載運轉及負載運轉都很穩定，當第一台發電機電壓、頻率達到穩定後，即可投入斷路器，匯入匯流排。當第二台發電機的電壓、頻率及相位角，與第一台發電機可匹配時，可繼續並聯操作，待同步後，方可投入斷路器，完成並聯的動作。雙機並聯後，尚得測試負載運轉是否穩定，待真正穩定後，始完成所有的並聯動作。

(1) 單機運轉

(a) 電子式調速器

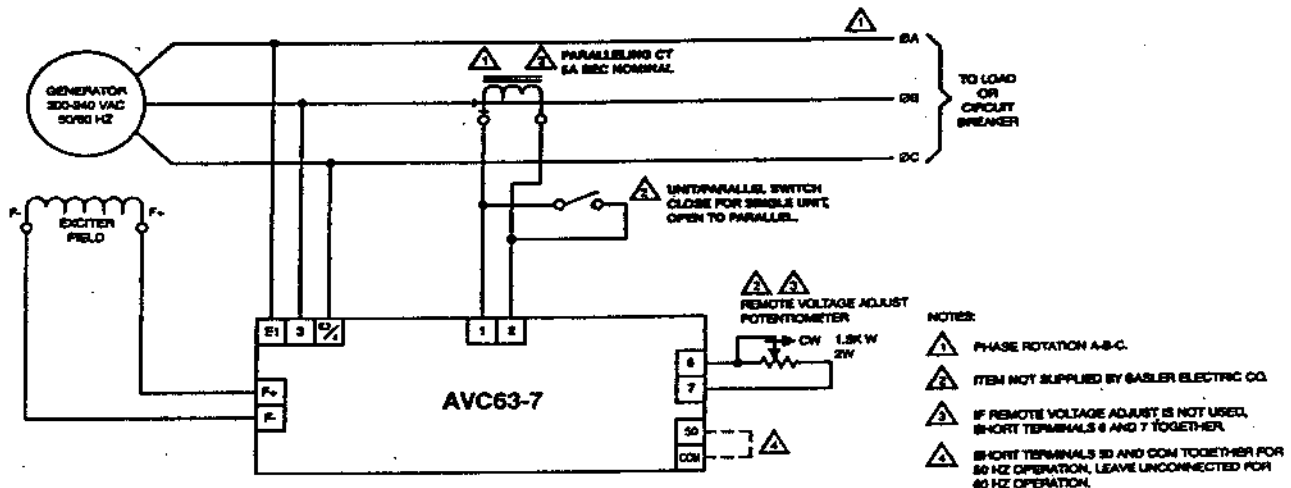
昔日，柴油引擎的調速裝置多為機械式的，於單機時，控制機械式調速器，使引擎達額定轉速並非難事，但若要用於並聯操作時，則機械式調速器的負載調整實不容

易。因此，當電子式調速器出現後，柴油引擎發電機多改為電子式調速器控制。於是負載調整變得更容易了，電子式調速器的元件，包含檢出器，調速器及作動器。檢出器檢測飛輪轉速，並回授信號給調速器，調速器再調整作動器的輸出電壓，使引擎油門開啓，直到引擎轉速達到額定轉速爲止。因此，藉由同步器與負載分擔器的控制，電子式調速器可自動調整引擎轉速，使發電機頻率達到穩定。



(b) AVR

AVR 即所謂的自動電壓調整器，每一柴油引擎發電機組的電頭內均有一個電壓調整器，可用來調整發電機的輸出電壓，使達額定值。



(c) 負載

發電機單機空載運轉穩定，頻率及電壓達額定值後，尚得作負載測試，直到負載測試時的頻率及電壓亦達穩定狀況時，才能進行同步並聯操作。

(2) 雙機同步

柴油引擎發電機作同步並聯前，其電壓、速度 / 頻率、以及相角得先匹配一致後，才可投入並聯斷路器。

(a) 相數

目前國內的柴油發電機電頭，幾乎都是三相四線式的，屬於 Y 接型式，不論電壓要調整爲 220V 或 380V 都甚爲方便。除了 Y 接型式外，尚有 Δ 接型式。不論電頭的接線型式爲何，雙機並聯前，務必確認雙機都爲三相式的發電機。

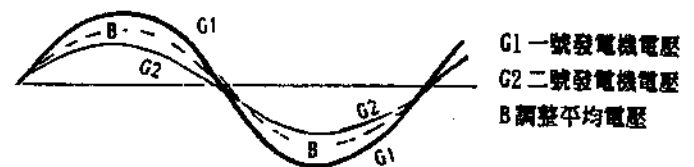
(b)相序

三相式的發電機中，一般都以 R，S，T 符號分別表示各相序。除此，亦有以 U，V，W 或 L1，L2，L3 表示的。不論以何種符號表示，都得先確認各相序相同，旋轉的方向相同後，始可進行雙機並聯。

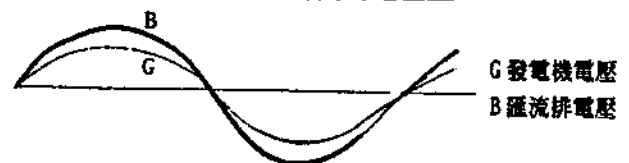
(c)電壓

雙機並聯前，各發電機的電壓值務必一致；若無法完全相同，電壓誤差值儘可能在 1% 以內，最大不可超過 5%。若電壓差異太大，請調整電壓調整器 AVR，使電壓儘量一致。如果二組發電機組輸出電壓不相同，勉強並聯操作，則所輸出的電壓振幅，將不等於原來二個電壓中的任何一個。此一電壓振幅上的差異，將會導致無效功率電流產生，使得系統用電效率降低。此外，如果發電機組的輸出電壓，較匯流排上的電壓低很多時，進行同步並聯，則匯流排的電流流向發電機組，該發電機可能成為同步電動機。

● 發電機與發電機間的電壓差



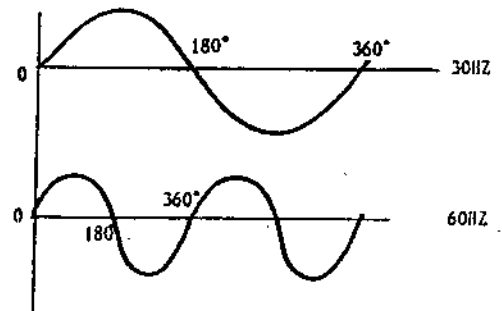
● 發電機與匯流排間的電壓差



(d)頻率

雙機並聯前，各發電機的頻率值務必相近；若無法完全相近，頻率誤差值儘可能在 0.2% 以內。若頻率差異太大，請調整速度調整器 SPEED 鈕，使頻率盡量一致。如果兩部發電機的頻率不相同，勉強同步並聯，將造成發電機組彼此互為負載，而產生逆電力。當兩機相角相差 180 度時，其衝擊電流值將最大。

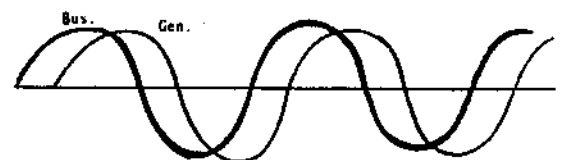
● 頻率不一致時的循環電流



(e)相位角

除了調整電壓及頻率相等外，還得將電壓相位角調成一致，相位角誤差值儘可能在 $\pm 7^\circ$ 以內。如此，發電機之間才不會有異常的循環電流。

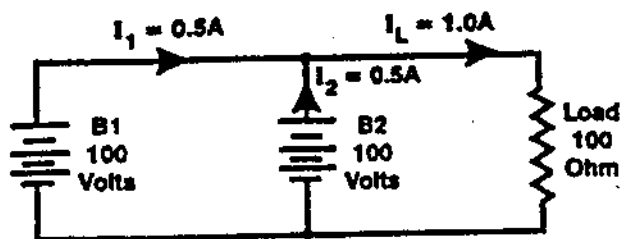
● 相位(角)差波形



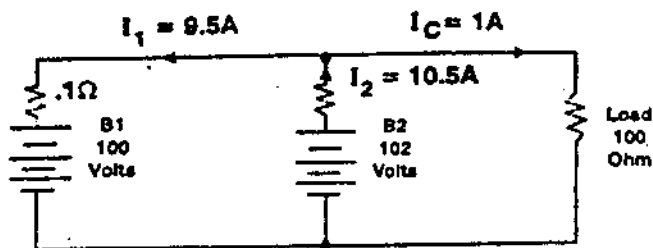
並聯的操作(含並聯控制盤)

了解並聯的原理與同步的條件後，於實際的並聯操作前，先以一電瓶並聯的例子做說明，加深各位對並聯系統的印象。稍後，逐步探討手動並聯與自動並聯控制時，其操作程序的要點與該注意的地方：

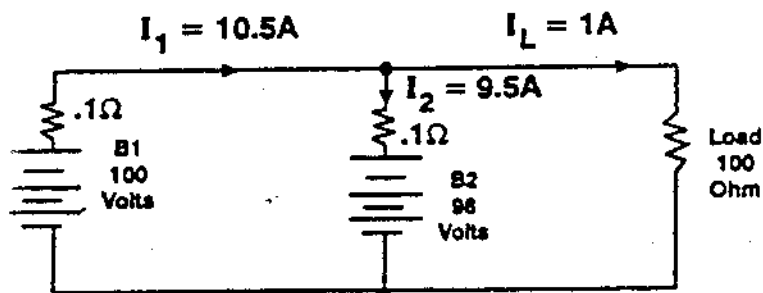
1. 電瓶並聯



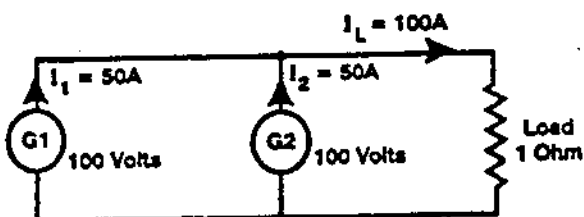
Paralleled Batteries - Equal Voltage



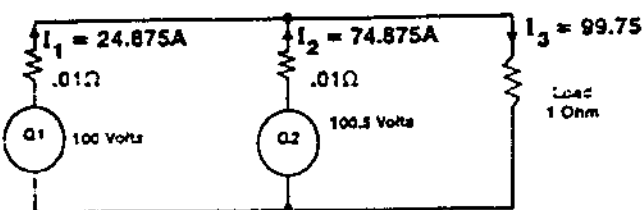
Paralleled Batteries - Unequal Voltage



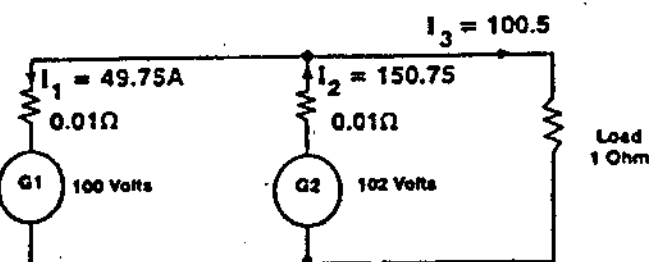
Paralleled Batteries - Unequal Voltage



Paralleled Generators - Balanced Voltage



Paralleled Generators - Voltage Unbalanced



Paralleled Generators - Voltage Unbalanced

未並聯前,若兩個電瓶之電壓正好相等,則並聯後,每一電瓶將輸出相同負載量.然而,如果兩個電瓶之電壓不相等時,則負載不會平均分配到電瓶,將隨電瓶電壓的差異而有不同.

輸出電壓為 102 伏之 B2 電瓶,於此並聯狀態下,將決定負載電路之電壓,且其負載電流會較高.至於 B1 電瓶,因為端電壓較低,將被 B2 電瓶以 5 安培之充電率給予充電,其輸出電流不僅沒有依照電壓比例分配,反而使 B2 之負載電流成為 6 安培.

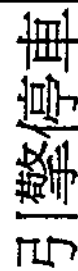
B1 電瓶之電壓比 B2 電瓶高出 2 伏特,造成 B1 電瓶不但得單獨承受負載,尚得對 B2 電瓶充電,最後 B1 電瓶之輸出電流成為 6 安培.

未並聯前,若兩台發電機之開路電壓正好相等,則並聯後,每一發電機將輸出相同負載量.然而,如果兩台發電機之電壓不相等時,則負載不會平均分配到發電機,將隨發電機電壓的差異而有不同.

如果兩台發電機的電壓值差異不大,則負載分配到每一發電機時,其負載量將隨電壓的高低而有分配不均的現象.

如果兩台發電機的電壓值差異太大,可能造成其中一台發電機單獨承受負載,而另一台發電機則成為同步電動機,不僅無法分擔負載,反而加重第一台發電機的負荷.

發電機手動/自動同步並聯流程圖

[illegible]

並聯問題的處理

任何輸出電力的發電機組或系統,若尚未同步時勉強投入負載,則斷路器投入時會導致突波電流,產生機械應力或電應力。最壞的情況下,二系統間的電壓差可能達到其中一系統之尖峰電力的二倍大,若於此時投入並聯斷路器,將造成二系統間暫時完全短路,而引起極高的電流,使二系統均承受極大的應力。這些應力可導致驅動軸彎曲,使聯結器破裂,或使渦輪機的鋼性轉軸斷裂。此外,某些情況下,突波電流也可能流動在二發電機系統之間,直到發電機組故障為止。

因此,並聯操作時,若雙機一直無法順利並聯成功,則得檢視雙機的電壓,頻率,相位角是否一致?一般而言,並聯遇到的問題,大多是橫流與逆電力,將就此二問題的處理予以說明如下:

(1) 逆電力

雙機並聯時,若於空載下發現實功 KW 不為零,則稱逆電力。其原因乃是,兩組發電機開路時的 2 台頻率不相等。欲解決此一問題,請調整調速器上的 SPEED 鈕或速度微調鈕(即所謂的 15R),使原動機驅動轉矩頻率一致,亦即調整原動機油門油量,調節輸出轉矩。

(2) 橫流

如雙機並聯時,其無負載時發現電流表指示不為零,則為橫流產生。其原因乃是,兩組發電機的開路時電壓不相等。欲解決此一問題,請調整電壓調節器上的 90R 鈕,使雙機開路電壓一致即可。若於加載後發現電流不平均,則以電壓調整器上的 DROOP 鈕作調整。

(3) 其他

並聯機組的保護

不論備用或常用柴油引擎發電機,其運轉期間,甚難確保機組永遠不會發生故障。所以,針對發電機組的保護,實不容忽略。關於機組的保護,將分別針對引擎的機械故障與發電機的電力故障作如下說明。

機械故障	輕度	電瓶電壓不足, 燃油不足, 高水溫警報
	重度	高水溫停機, 低油壓停機, 過速度停機
電氣故障	51V	BE1-51/27R 或 BE1-51/27C, 選用三項或四相一體式均可, 跳脫 52G 及磁場
	87G	BE1-87G 需附裝 86, 87G 之閉鎖電驛跳脫 52G 及磁場
	51GN	BE1-50/51B 單項一具, 此電驛為發電機系統の後衛保護
	25	BE1-25 同步電驛, 自動並聯發電機與發電機或發電機與台電之電源
	60	BE1-60 保護 PT's 或 VT's 保險絲之斷線, 防止保護電驛(51V, 40, 21)誤動作
	32	BE1-32R 防止台電倒灌發電機, 成為馬達運轉, 跳脫 52G
	46	BE1-46N 防止不平衡電流避免發電機發熱, 跳脫 52G
	40	BE1-40Q 防止發電機之失磁作用, 跳脫 52G 及磁場。

上述的發電機保護電驛,使用時大多置於發電機控制盤,保護電驛盤或並聯盤內.一旦發電機運轉發生故障,尤其是在無人化的機房時,要排除故障,使發電機快速重新起動運轉,實在不容易.因此,若整個發電機組的控制與保護,都能透過 RS232 或網路來監控,相信機房的管理將更方便化,效率化及簡單化.

並聯設備廠家

柴油引擎發電機並聯操作前,對單機運轉的性能要求很高,且穩定性要好.因此,電子式調速器的選用匹配就很重要.此外,發電機組並聯時,所使用的同步器與負載分擔器,務必要能與電子式調器匹配,或者經由介面達到匹配的功能,發電機的並聯操作才會更容易成功.

不論是電子式調速器,自動同步器,負載分擔器或者其他並聯配件,下列廠家都有提供,而產品也各有特性.最後,本公司把所代理的 GAC 並聯器材,及相關的 BASLER 保護電驛列表如下,提供給各位參考,若有疑問歡迎與我們聯絡.

- G.A.C
- Barber Colman
- Wood Ward
- SEG
- 其他

誥鑫公司所供應之柴油發電機並聯統合盤之“器材明細”表列如下:

1. BE32 GAC 數位式發電機組控制器	12. AVR BASLER 自動電壓調整器
2. SYC6714 GAC 自動同步器	13. 32 BASLER 逆電力電驛
3. LSM672 GAC 負載分擔器	14. 59 BASLER 過電壓電驛
4. GOVERNOR GAC 調速器	15. 59N BASLER 接地過電壓電驛
5. EAM100 GAC 並聯介面	16. 81U BASLER 低頻率保護電驛
6. SQ0203 GAC 同步儀	17. 951 BASLER 集合式電表電驛
7. ZQ1207 GAC 雙頻率表	18. SCP BASLER 自動功因調整器
8. FQ1207 GAC 雙電壓表	19. GPR BASLER 發電機集合保護電驛
9. PFM GAC 功因表	20. PX GAC 發電機監空系統
10. KWM GAC 瓦特表	21. GEN 任何廠牌之柴油引擎發電機
11. 2W5K GAC 馬達電位計	22. ACB 任何廠牌之斷路器

附錄:

1. 發電機同步並聯接線圖
2. 其他的發電機並聯問題
3. 數位式發電機組控制器 BE32/BE32P

並聯故障檢查

不正常現象

- 電流增加很快
- 調整電壓無法使電流歸零
- 負載變化時會產生不平衡

電流增加很快

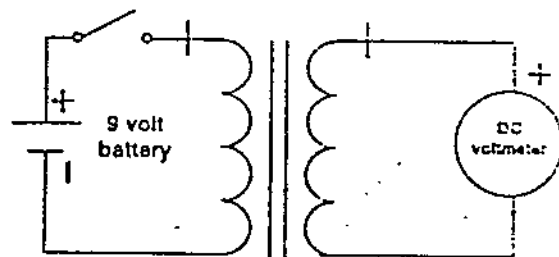
- 檢查並聯下垂接線
- 檢查仟瓦負載之分配
- 檢查 AVR 之電壓檢出線
- 確認 CT 所接之相線
- 對調 CT 之二次側接線
- 再次並聯
- 如並聯正常,則即可將補償回路接線閉合或橫流補償

檢查 CT 連接之相線正確否

- 如 CT 之相線正確
 - 檢測電壓檢出接線 或
 - E2 檢測接線
- 如 CT 之相線正確,則檢查其極性:
 - 正確時,其斷路器閉合會良好...或
 - 接反時,其斷路器閉合將會出現高電流
- 如其相線不對,則電流會更加倍!

發現問題

- 如下垂輸入線之電壓過小時,則 CT 可能某處短路.
- 檢查下垂調整為最大或最小?
- 以小電池及電壓表去檢查 PT 為加極性或減極性
- 檢查電壓調整器之 PT 接線,及其 CT 是否於正確相線



比壓器之極性檢查

其他測試

- 測試一台機組不做任何下垂時可否並聯 OK,唯須小心注意.
- 測試如僅一個下垂 CT 不做短路時,兩台機組可否分擔負載.
- 如可投入負載時,則增加 AVR 之下垂調整去檢查下垂方向.

補充測試

- 於 E1 和 E3 端子接上示波器,選擇頻道 1
- 下垂輸入端子 1 和 2 連接至頻道 2
- 於一些電阻負載下,檢查電壓和電流間之 90 度相位角差.