

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

大潭複循環發電工程發電機數位式靜態激磁系統設計安裝運轉維護保養技術研習報告書

服務機關：台灣電力公司核火工處

出國人職稱：主辦電控設計員

姓名：徐英誠

出國地區：日本

出國日期：96年4月2日至4月13日

報告日期：96年5月18日

出國報告審核表

出國報告名稱：大潭複循環發電工程發電機數位式靜態激磁系統設計安裝 運轉維護保養技術研習報告書		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
徐英誠	電機工程師	台灣電力公司 核能火力發電工程處
出國期間：96年4月2日至96年4月13日		報告繳交日期：96年5月18日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> (4) 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input checked="" type="checkbox"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input checked="" type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 9.其他處理意見及方式:	
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 2.退回補正,原因: _____ <input type="checkbox"/> 3.其他處理意見: _____	

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

報告人：



單位
主管



主管處
主管



：



總經理

副總經理：



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大潭複循環工程發電機數位式靜態激磁系統設計安裝運轉維護

保養技術研習報告書

頁數31 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

徐英誠/台灣電力公司核火工處/電氣課/主辦電控設計員/(02)23229556

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：96年4月2日至96年4月13日

出國地區：日本

報告日期：96年5月22日

分類號/目：G3/ 電力工程

關鍵詞：數位式激磁系統、勵磁系統、自動電壓調整器

內容摘要：(二百至三百字)

大潭複循環發電計畫第二期工程氣渦輪機組及汽輪發電機組均採用數位式靜態激系統具有高反應比，故在系統電壓變動時可提升機組反應能力，此外採用高反應比之機組可選用較低短路比之發電機，低短路比發電機具有較小之體積及較低之鐵損等優點。

本期工程採用數位式激磁系統，相較於傳統類比式除可大量降低現場調校工作外，透過電廠內部網路連線運轉人員可由操作者介面掌握激磁系統狀態，決定其運轉模式，而維護人員更可經由工程師介面，配合運轉需求修改相關邏輯及參數。

發電機數位式靜態激系統係日本三菱重工株式會社設計及製造，依據

合約規定應派工程師前往設計製造廠家接受相關機械、電氣設計安裝運轉維護等訓練，必須派員赴日本三菱重工株式會社接受前述之專業訓練，研習相關機械、電氣設備之製造、安裝、測試、運轉等先進技術，吸收經驗，以進一步瞭解各設備及系統之功能，俾便日後協助機組設備安裝測試及運轉，並協調解決裝機、試運轉所可能衍生之問題，使機組如期完工加入系統運轉。本次實習是為充分瞭解該系統之成套設計理念及對製造測試等有完整概念，將有助於日後勵磁系統安裝工程進度推展，並確保施工品質。

◎ 本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

一、國外公務之內容與過程：

(一) 公務任務

(二) 內容與過程

二、國外公務之心得與感想：

(一) 勵磁系統簡介

(二) 勵磁控制系統之構成元件

(三) 勵磁控制系統之形式與結構

(四) 勵磁系統反應率與極頂電壓關係

(五) 勵磁系統容量與電壓

(六) 勵磁系統之類型與功能介紹

(七) 數位式靜態激磁系統設計要點

(八) 自動電壓調整器之設計架構

(九) 自動電壓調整器之設計要點

三、出國期間感想與所遭遇之困難

四、對本公司之具體建議

一、國外公務之內容與過程：

（一）公務任務：

大潭複循環工程發電機數位式靜態激磁系統設計安裝運轉維護保養。

（二）內容與過程：

複循環發電機組係由氣渦輪機、廢熱鍋爐、汽輪機及發電機等主要設備組成，其動作原理為將空氣導入氣渦輪機的壓縮機加壓成高壓空氣後，進入燃燒室與噴入的燃料混合燃燒，變成高溫高壓的氣體推動氣渦輪機做功發電，氣渦輪機排出之廢熱則由廢熱鍋爐回收，產生蒸汽導入汽輪機再次發電，具有機組熱效率高、啟動快及升載快的特性。大潭複循環發電計畫第二期工程氣渦輪機組及汽輪發電機組均採用數位式靜態激系統具有高反應比，故在系統電壓變動時可提升機組反應能力，此外採用高反應比之機組可選用較低短路比之發電機，低短路比發電機具有較小之體積及較低之鐵損等優點。

本期工程採用數位式激磁系統，相較於傳統類比式除可大量降低現場調校工作外，透過電廠內部網路連線運轉人員可由操作者介面掌握激磁系統狀態，決定其運轉模式，而維護人員更可經由工程師介面，配合運轉需求修改相關邏輯及參數。

發電機數位式靜態激磁系統係日本三菱重工株式會社設計及製造，依據合約規定應派工程師前往設計製造廠家接受相關機械、電氣設計安裝運轉維護等訓練，必須派員赴日本三菱重工株式會社接受前述之專業訓練，研習相關機械、電氣設備之製造、安裝、測試、運轉等先進技術，吸收經驗，以進一步瞭解各設備及系統之功能，俾便日後協助機組設備安裝測試及運轉，並協調解決裝機、試運轉所可能衍生之問題，使機組如期完工加入系統運轉。

實習日期及前往機構：

起 訖 日	機 構 名 稱
96 年 4 月 2 日	往程，赴日本
96 年 4 月 3 日至 96 年 4 月 4 日	MHI Power Systems Headquarters 研習發電機 數位式靜態激磁系統設計安裝運轉維護保養
96 年 4 月 5 日至 96 年 4 月 10 日	MHI Takasago Machinery Works 研習發電機靜 態激系統至控制系統連鎖設計
96 年 4 月 11 日 96 年 4 月 12 日	MHI Power Systems Headquarters 研習發電機 數位式靜態激磁系統設計安裝運轉維護保養
96 年 4 月 13 日	返程，回國

二、國外公務之心得與感想：

(一) 勵磁系統簡介

大潭複循環第一階段之氣渦輪發電機組採用空氣冷卻式發電機，汽輪發電機組則採用氫冷式發電機，其氣渦輪發電機與汽輪發電機皆採用無刷式勵磁系統(MEC600 model)。而發電機所供給之無效電力完全受激磁電流之控制，即在定值 MW 輸出及定值電壓的條件下，激磁電流愈大則輸出無效電力愈多，且功率因數愈落後，而發電機之激磁能力則受轉子線圈溫度所限制，亦即受磁場電流之大小所限制。

無刷式勵磁系統，由交流勵磁機、旋轉整流器、永磁式發電機、勵磁控制箱等組成，交流勵磁機為旋轉電樞型，由直接耦合在轉軸的永磁式發電機經由勵磁控制箱提供激磁能源，交流勵磁機產生之交流電流則經由旋轉整流器整流後送到發電機磁場。

1.勵磁系統之基本功能包括：

- (1)供給發電機旋轉磁場之直流電功率。
- (2)控制發電機的輸出電壓、功率因數及系統無效電力。
- (3)對發電機及勵磁機提供選擇性之保護和補償，以預防和指示發電機不正常之運轉。

- 2.勵磁系統的基本要求為供給一比發電機定子電壓為低的直流電壓(50V-600V)至磁場繞組，勵磁系統的反應時間必須是瞬間的，所以當系統發生騷動或暫態時，自動電壓調整器必需迅速改變勵磁，以達到電壓穩定狀態。
- 3.主勵磁機不能為自激式，必須由另一直結式副勵磁機，或旋轉放大器或磁力放大器或矽控放大器等設備加以勵磁。副勵磁機則為自己勵磁複激式。
- 4.磁勵系統電源由發電機定子輸出端所連接的變壓器獲得者，其變壓器二次側交流電壓須經由矽控整流器整流來控制。
- 5.一般電壓調整器之動作原理為發電機輸出電壓之比例取樣電壓，與穩定參考電壓，不斷地比較，兩個電壓差夠成一誤差信號，指示出發電機之輸出電壓高於或低於設定點電壓，此誤差信號由前置放大器放大後，控制電力級之輸出，進而控制勵磁電源，調整發電機勵磁值。
- 6.發電機使用自動電壓器並聯於系統時，對發電機而言有很大的關係，發電機的無效電力隨著系統電壓變動而改變，假如系統電壓降低，AVR 感測到降低信號，將自動增加發電機激磁，使系統電壓回升到正常值。假如系統容量小，阻抗高，則增加勵磁提高系統電壓。

若系統容量大、阻抗小，則增加無效電力。假如系統容量中等，則增加勵磁可同時提高系統電壓和無效電力。假如系統容量大，沒有提高系統電壓，無效電力之值將會增加到發電機(滯後)無效電力容量以上，反之，系統電壓增加，AVR 將減少激磁，假如系統容量大，無效負載將減少到可容許(越前)的無效負載之外。

(二) 勵磁控制系統之構成元件

圖 2-1 表示一個自動控制系統之基本元件，此圖被當做一個基準，用於製作一般之勵磁控制系統，如圖 2-2 所示。

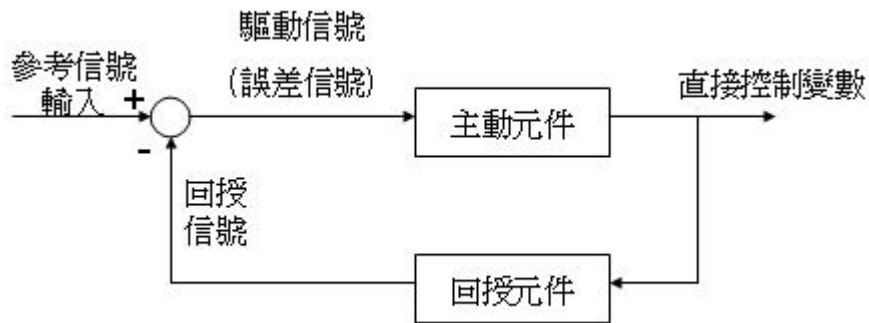


圖 2-1 自動回授控制系統之基本元件

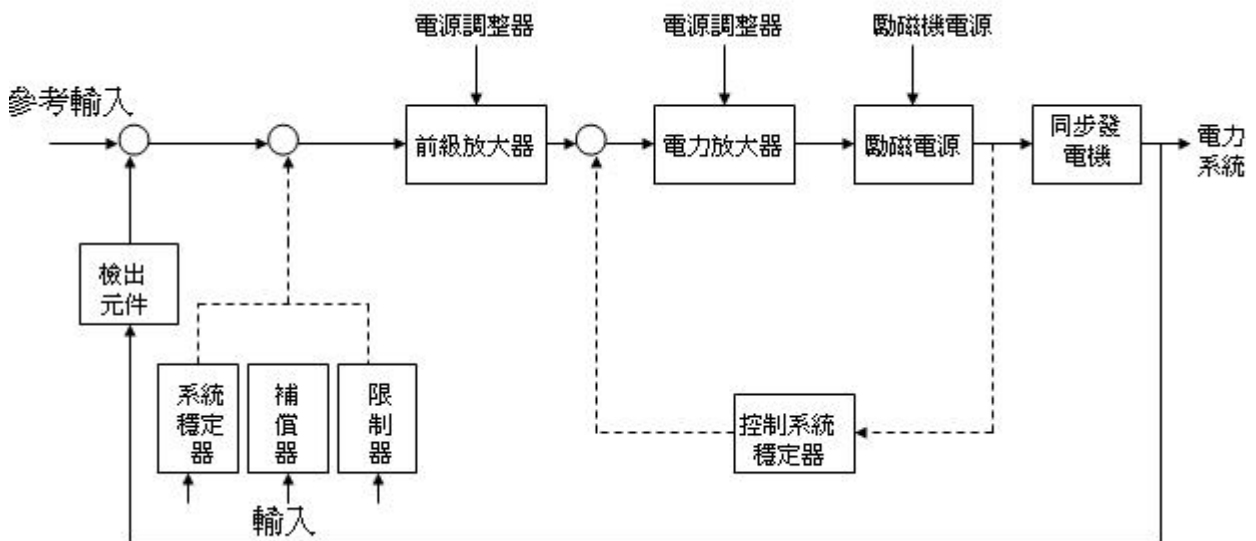


圖 2-2 勵磁控制系統

(三) 勵磁控制系統之形式與結構

1. 整流系統：大致可分為六類

- (1) 直流發電機整流子勵磁機。
- (2) 水銀電弧點火系統。
- (3) 矽控整流器系統。
- (4) 飽和比流器比壓器激磁系統，又稱靜止型激磁系統。
- (5) 矽控整流器激磁系統。
- (6) 矽二極體與矽控整流器混合使用之固態控制激磁系統。

2.調整器系統：大致可分為五類

- (1)可變電阻器式調整器系統。
- (2) 旋轉放大器式。
- (3) 磁力放大器式。
- (4) 矽控放大器式。
- (5) 近代固態控制器。

(四) 勵磁系統反應率與極頂電壓關係

1.勵磁系統反應率

勵磁系統之反應率亦即電壓建起速度，係決定能否保持良好之電壓調整，使電機運轉趨於穩定之重要因素。反應率愈高者電機愈穩定。主勵磁機之反應率，係其每秒所能建起之電壓，被額定負載下磁場電壓所除而得之比值。反應率普通須不小於 0.5，現行電力公司大多習慣採用 1.0 以上之值。

反應率不同時，勵磁機之價格亦異，通常勵磁機價格隨反應率而直線上升，但因普通勵磁機價格，只合發電機之 3-8%，增加勵磁系統反應率所費無多，而對系統穩定度則有極大之幫助，故應與其他影響系統穩定度之諸多因素一同比較考慮後加以適當之選擇。

2.勵磁機極頂電壓

快速反應之勵磁系統多需較高之極頂電壓，即勵磁機應有更寬裕之設計。極頂電壓至少須為勵磁機正常額定電壓之 120%，一般則多採用 130% 以上之值。如表 4-1 所示。

反應率	傳統式勵磁機	矽控整流器系統
0.5	125-135%	120-125%
1.0	140-150%	125-135%
1.5	155-165%	135-145%
2.0	170-180%	145-155%
3.5		195-205%
6.0		260-270%

表 4-1 極頂電壓-額定電壓之百分比

(五) 勵磁系統容量與電壓

1. 勵磁系統之容量須足夠應付發電機之額定功率因素，額定 RPM 或 95%RPM 及 $\pm 5\%$ 額定電壓下之滿載出力。對於 B 級絕緣之發電機，更須能應付在同一功率因素與電壓情形下之 15% 連續過載及 25% 瞬間過載，而不致超過 NEMA 所規定之標準溫升。
2. 勵磁機容量大多數約為發電機額定容量之 0.3~0.7%。
3. 勵磁機電壓，小型者可採用 110V 或 125V，中型者多採用 250 V 或 375 V。最近機組容量增大，採用 475V，480V，500V 及 600V 之勵磁機於容量 500MW 或以上之發電機中。
4. 使發電機產生無載及滿載額定電壓所需之勵磁電壓，分別約為其額值之 36% 及 80%。

(六) 勵磁系統之類型與功能介紹

1. 靜止型激磁系統

(1) 靜止型激磁系統之特點

靜止型激磁系統由電力比壓器、飽和比流器及電力整流器三種基本元件組成，以取代傳統激磁系統中之主副勵磁機及磁場變阻器。與無碳刷激磁系統比較，則無永久磁鐵發電機，交流勵磁機及旋轉整流器。

靜止型激磁系統以消除換向整流引起的缺點為主，因無轉動部份，維護容易，可減少噪音，縮短汽機至發電機長度，對心容易，而且電壓調整之反應率快，最大激磁電壓高，因無勵磁機磁場，故時間常數小。

(2)運用原理

靜止型激磁系統，它的激磁原動力是閃激回路的直流蓄電池 125VDC 電力。當閃激發電機之後，發電機端電壓建立，由電力比壓器取發電機電力經三相全波整流激磁發電機轉子，而飽和比流器吸收發電機負載電流亦提供激磁電力並且做為電壓調整控制的主要單元。像這樣自己發電提供激磁也可以稱為自激磁系統。

靜止型激磁系統有電壓及電流兩種輸入，以電力流程方塊圖表示如圖 6-1。電壓來自 PPT，電流則取自 SCT。PPT 與 SCT 二次側以線性電抗器耦點連接三相全波電力整流器整流後供給發電機磁場。

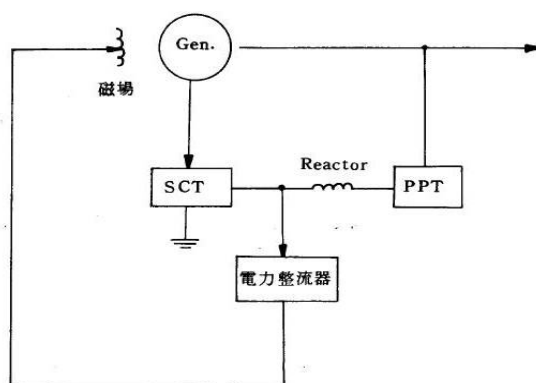


圖 6-1 電力流程方塊圖

PPT 與一般電力變壓器無異，SCT 則與飽和電抗器相似，具有兩只鐵心，但有三組線圈，繞於兩只鐵心上。三組線圈分別為串接於發電機中性側通過發電機負載電流之一次線圈，二次或稱可變阻抗線圈，及另一作為控制或稱飽和線圈。SCT 二次線圈的阻抗，視鐵心飽和程度而異，由控制線圈的直流控制，鐵心未飽和前，SCT 二次線圈呈高阻抗。

當發電機無負載運轉時，全部激磁電力由 PPT 供給，PPT 之電壓經線性電抗器，一方面供給 SCT 磁化電流，一方面經過三相全波整流器整流後供給發電機磁場，磁場電壓以 SCT 控制之。Ic 係電壓調整器輸出之調整信

號， I_c 增加，SCT 趨於飽和，二次線圈阻抗降低，自 PPT 二次側吸取較多的磁化電流，此磁化電流使線性電抗器之電壓降增加，致整流器之輸入降低，結果發電機之磁場電壓降低。

在發電機供給電流於負載時，SCT 一次線圈有負載電流通過，那麼 SCT 二次線圈也會感應與負載電流大小成比例的電力，幫助 PPT 激磁發電機磁場。

(3) 閃激回路

為了建立發電機之初電壓，靜止型激磁系統有一閃激回路。如圖 6-2 所示，利用場內 125V 蓄電池直流電源，在發電機速度到達額定值 50% 時，速度電驛 14HAX 接點閉合，使磁化電驛 41F 線圈賦能，開始閃化激磁發電機磁場；激磁的電流約為磁場額定電流之 10-15%，而當發電機速度到達額定值 95% 時，再由速度電驛動作啟開 14HSX 接點，切開閃激回路開關 41F，此時發電機端電壓已經建立，且運轉在 Full Speed No Load 情況下，自己發電由 PPT 與 SCT 電源激磁本身。

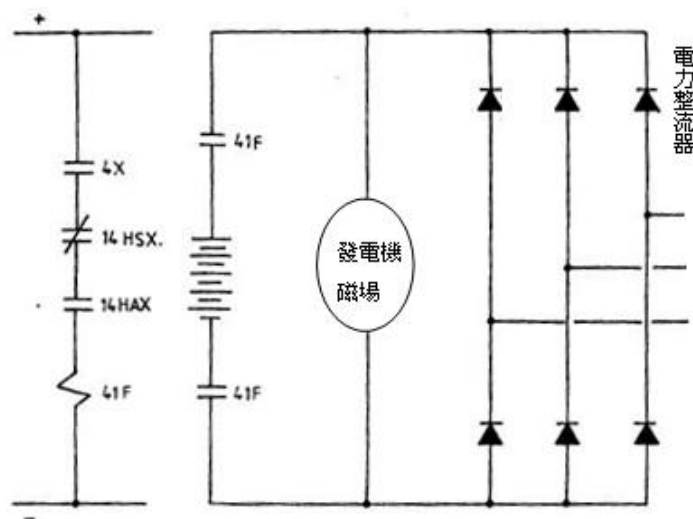


圖 6-2 閃激回路

一般在主變壓器二次側併聯之發電機，為保護變壓器不致過熱損壞，均在額定速度之 95% 才可加以激磁，簡言之，如頻率低，即轉速低即加以激磁，而電壓達相當高時由 $I = V/Xl = V/2\pi fl$ 得知，磁通量大，變壓器鐵損 $[Wc = UhfB^2 + Ue\Delta^2 f^2 B^2]$ 增加，鐵心發熱。因此發電機組在主變壓器一次側併

聯較妥。

2. 比壓器電源勵磁系統

比壓器電源勵磁系統系由電力比壓器及調整器/整流器組件，兩個主要部份組成。圖 6-3 為本勵磁系統之簡單方塊圖。

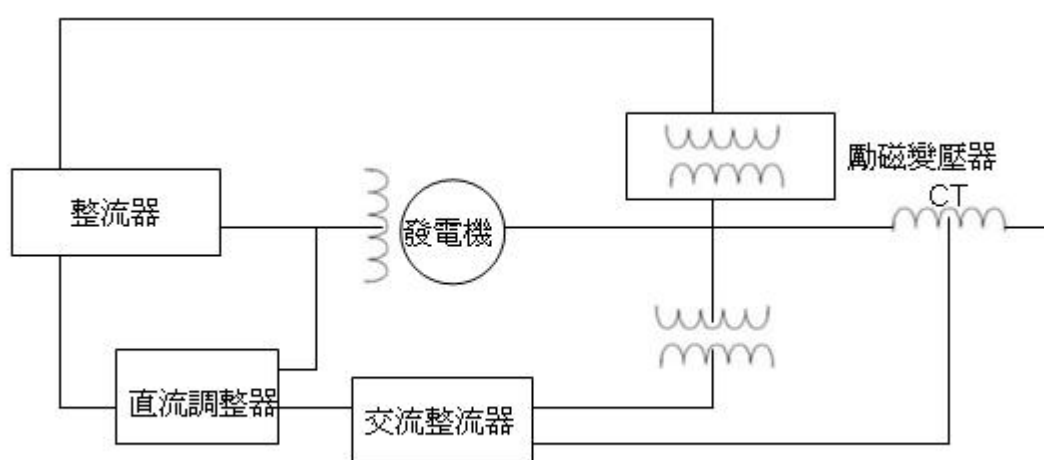


圖 6-3 電源勵磁系統之簡單方塊圖

(1) 設備簡介

A. 調整器部份

(A) 界面單元

界面單元提供 DC125V 控制信號與 DC24V 印刷電路板控制信號間的電氣隔離。所有的控制、指示和警報信號均通過此單元，僅 PT、CT、PPT 和 AC 電源電壓供給，不經此單元。

(B) 信號調節器

信號調節器單元使發電機 PT 和 CT 回路與調整器控制回路隔離。也將 PPT 二次側轉變為 30VAC 後，作為 SCR 觸發電路用。

(C)組件箱

印刷電路卡片組件箱包含所有勵磁系統之電子控制電路(轉換器和開極驅動器除外)，大部份的功能包含在插入型印刷電路卡片上，每一卡片有單一之功能。

(D)電源供給

電源供給單元是提供調整器、觸發及控制電路上之直流標準電壓。勵磁系統所有低準位控制電壓，均由此電源供給，有+15V、-15V、24V、+36V 和-18V 之電壓。

(E)控制盤

控制盤組件與控制有關之高準位或高電流電路，此包含起動接觸器(41F)，保險絲、輔助電驛，轉換器(DCPT)和軸電壓監視器。

B.整流器部份

整流器部份包含 AC/DC 轉換器設備，AC 輸入斷路器及各動裝置。橋式整流器是一動混合型(SCR 和二極體)的電力電橋，將 PPT 來的 AC 轉換成 DC，供給磁場，此電橋是自然對流冷卻，每個電力半導體都有個別的散熱座。電橋組件裏含有三相熔絲，三相電感器，每個 SCR 的開極驅動器，開極器之電源熔絲，AC 線路濾波器和半導體抑制濾波網路。

C.電力比壓器 PPT(Power Potential Transformer)

PPT 是一動乾式鑄鐵心結構，自然對流冷卻變壓器。其高壓線密封於鑄型樹脂內，其二次側線圈是開放的結構。若比壓器為供給波峰勵磁而設計，需有能力供給連續而短暫的最高勵磁。

(2)動作原理

勵磁系統是藉控制磁場勵磁來控制發電機的端電壓或無效電力，勵磁系統使用一個電力比壓器連接於發電機的輸出端作為勵磁電壓源，電力比壓器二次側電壓經二極體與開流體(SCR)整流及控制後供給發電機磁場所需之直流。因為發電機是自激式，即磁場電力由發電機本身來獲得，而不需外部之直流電源。

勵磁控制實際上是在控制 SCR 橋式整流電路的輸出相序，而控制

SCR 的觸發信號是由靜止型調整器所產生，這調整器包括一個發電機端電壓調整器和一個發電機磁場電壓調整也就是一個 AC 和一個 DC 調整器，不論是自動和手動調整器，其功能是完全相同的，當操作 DC 調整器，不論發電機端電壓情形如即維持定值。當操作 AC 調整器時，發電機電壓即維持定值，假如發電機經低阻抗與大系統連接時，發電機電壓將無法改變系統電壓，而 AC 調整器將控制無效電力。假如發電機與系統隔離，AC 調整器將控制端電壓，而無效電力多寡將視負載而定。大部份系統之無效電力和電壓，均用 AC 調整器來控制。

(七)數位式靜態激磁系統設計要點

交流勵磁磁場係從交流勵磁機電樞經閘流體磁場電力回路及交流勵磁場開關取得電力屬於自激式。發電機之激磁電力係由交流勵磁機供給，交流勵磁機之交流輸出經靜止或矽二極體整流器整流，整流器組的直流輸出經集電環送至主發電機磁場。

閘流體電橋包含二個可切換之閘流體電橋，每一電橋均有足夠能力供給交流勵磁機之額定激磁，因此具有多餘的容量供給控制和電力回路。電流升高比流器供電至矽二極體電橋，以便在電力系統不穩定時增加供給交流勵磁機磁場。數位式靜態激磁系統使用無碳刷勵磁機，其無整流子及滑環，圖 7-1 為數位式靜態激磁系統之方塊圖，此無碳刷勵磁機係轉電式交流勵磁機，其輸出之交流電經旋轉整流器整流後送至發電機之旋轉磁場。供給勵磁機之勵磁能量係由一直連於軸上之永久磁鐵發電機經由包含許多閘流體之電力放大器供給，控制閘流體之輸出即可控制激磁。

發電機電壓之基準勵磁及手動控制係經由調整點火線路之輸入達成，此基值之整定須經由感應電位計及基準調整器而達成，由整流器來之信號被加於此基值上，以產生降壓或升壓信號，來控制激磁量。因為此降壓或升壓信號分雙向加於交流無碳刷勵磁機唯一之單磁場繞組，所以此閘流體電力放大器為變流反向器型。

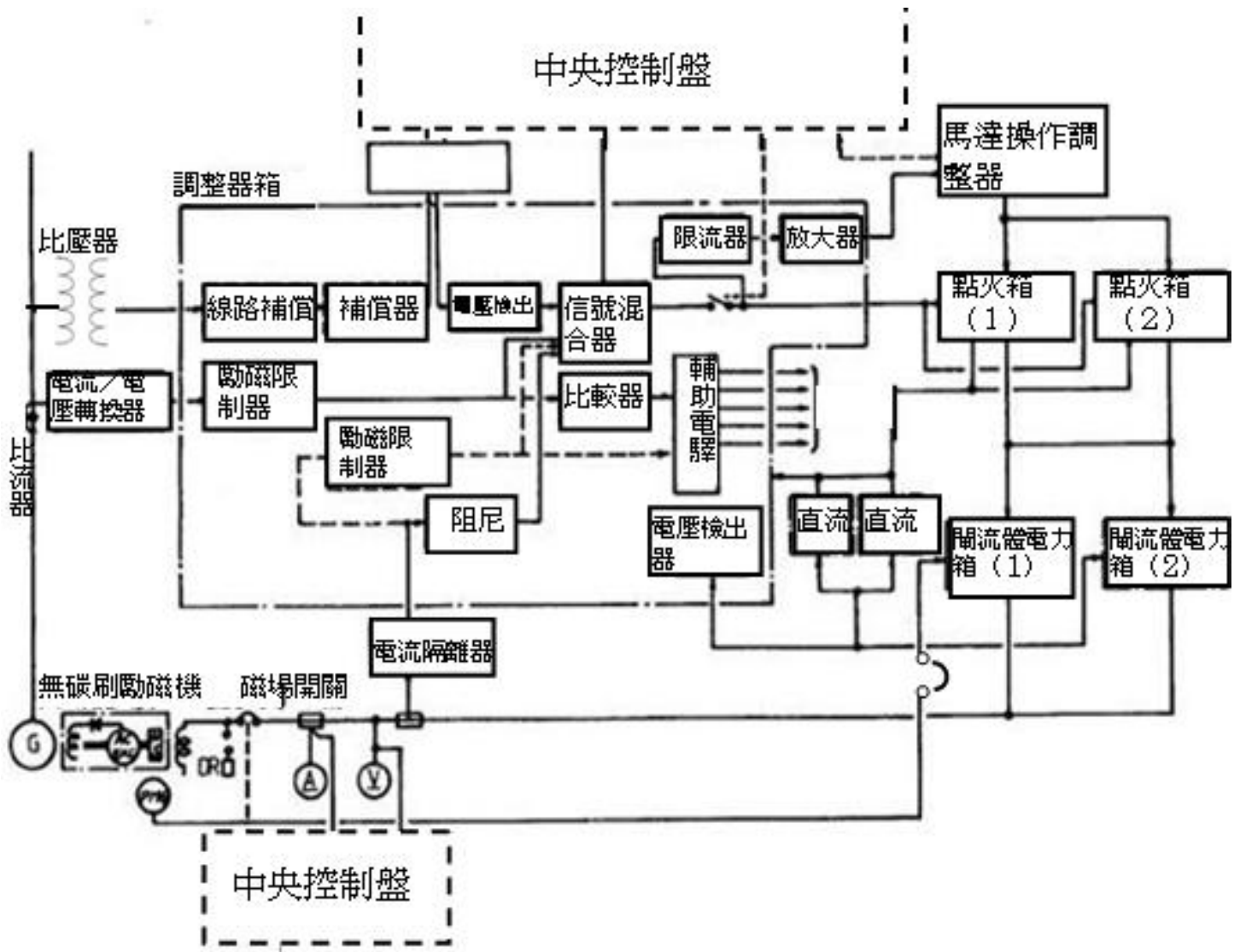


圖 7-1 為數位式靜態激磁系統之方塊圖

數位式靜態激磁系統系統係由下列主要部份組成：

1. 交流勵磁機：

直接聯結於交流同步發電機，由主發電機轉子驅動，具有靜止電樞及旋轉磁場，用空氣冷卻，具有密閉通風道及裝設於電機框體內的空氣與水之熱交換器。

2. 電力整流器：

由交流轉變成直流係用一組由幾個部份併聯組成之矽二極體整流器組，其併聯數目按系統之額定容量來決定。

每一部分可用一只五極的隔離開關切斷斷電，以備在運轉中維護。整流器之額定容量，於其中一部分切開維護檢查時，允許汽輪發電機運轉在額定 KVA。

3.電壓調整器箱：

交流勵磁機磁場開關，交流勵磁機磁場電力開流體及電壓調整器(均裝設於各別的固定裝甲開關箱內，遠離汽輪發電機。交流勵磁機磁場控制係利用開流體之相控制而達成。具有兩種調整形式：

- (1)交流調整器：控制主汽輪發電機之電樞電壓。
- (2)直流調整器：控制交流勵磁機端電壓(相當於發電機磁場電壓)。

4.勵磁裝甲開關箱

(1)目的與應用

勵磁裝甲開關箱是將主軸磁式發電機之交流輸出給予整流，並控制無碳刷式交流勵磁機的激磁，再控制交流勵磁機之輸出，此輸出經由裝於主軸上之旋轉整流器供給主發電機磁場之勵磁。

勵磁之控制可經由 Base Adjuster 手動來控制，或由數位式靜態激磁電壓調整器自動控制之，使發電機端電壓維持定值。

(2)勵磁裝甲開關係由下列三個盤所組成：

A.AVR 盤

B.電力盤

C.磁場開關盤：調整器是由可抽出之印刷電路板卡片組成。

(3)調整器包括：

- A.調整器抽箱一個。
- B.點火抽箱二個。
- C.開流體功率抽箱二個。

(4)磁場開關盤包括：

- A.勵磁機磁場開關。
- B.分流器。
- C.放電電阻器。
- D.發電機磁場接地故障探測設備。
- E.其他設備。

(5)控制室裝設有下列設備：

- A.基準調整器控制開關。
- B.電壓調整器。
- C.調整器控制開關。
- D.磁場斷路控制開關。
- E.平衡表及指示燈。

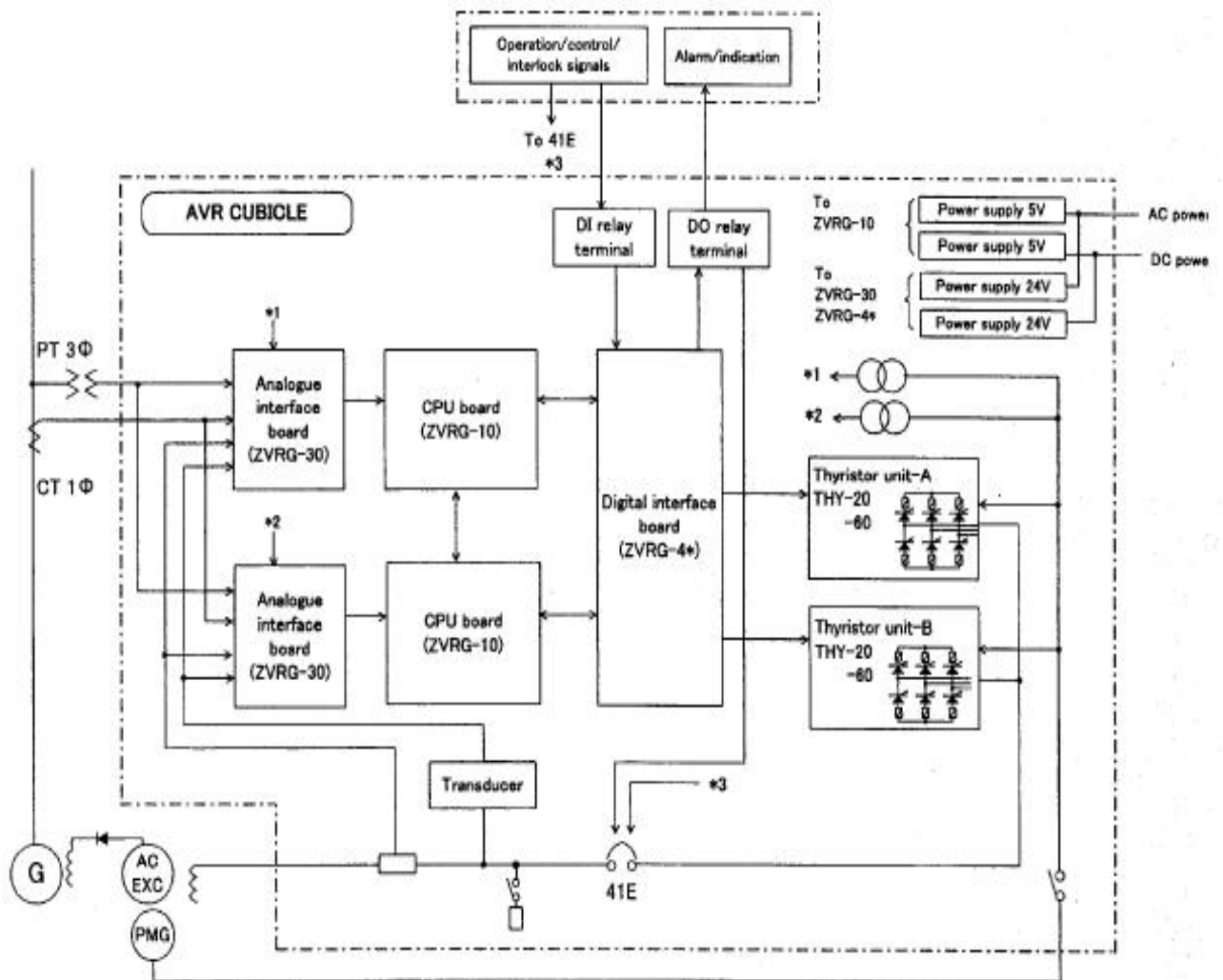
(八)、數位式自動電壓調整器之設計架構

數位式自動電壓調整器（D-AVR）具有控制準確、穩定性良好、電壓設定範圍廣、可靠度高及維護容易等優點。主要分成兩種系統 H/W 及 S/W 系統。

H/W 系統方塊圖由下列模組組成：

- 1.類比介面板
- 2.中央處理器板(CPU)
- 3.數位介面板
- 4.勵磁機及發電機接地偵測器
- 5.SCR 激發電路組 Firing Circuit Drawer
- 6.隔離轉換器 Isolation Transducer（二組）
- 7.磁場線路斷路器
- 8.電壓設定器 Voltage Adjuster

H/W D-AVR 系統架構如圖所示：



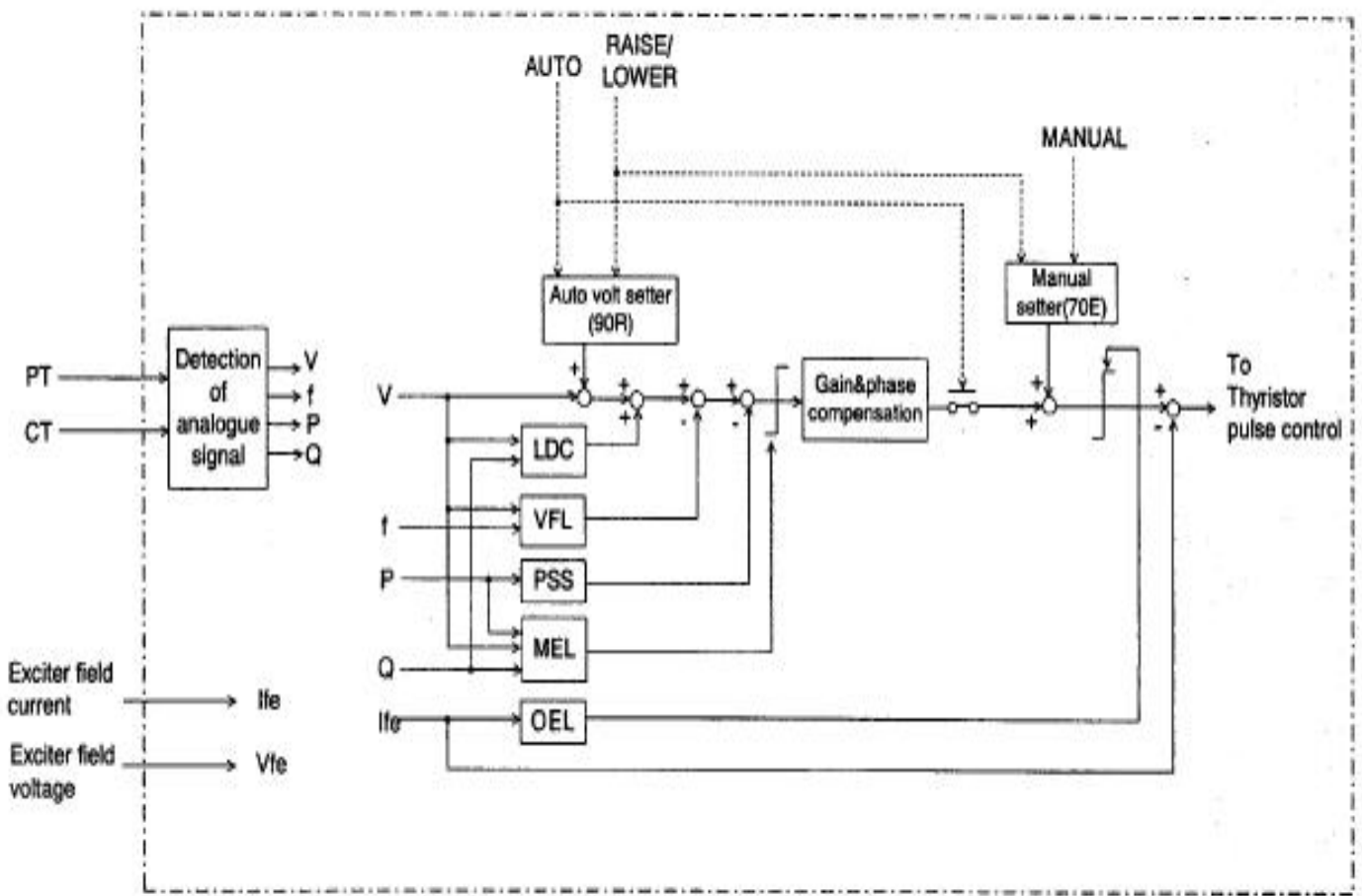
1.基本功能：

- (1) 電壓常數模式(AVR 自動模式)。
- (2) 磁場常數模式(AVR 手動模式)。

2.保護及附加功能

- (1) 最低激磁限制器(MEL)：防止發電機脫離進相運轉的安全範圍。
- (2) 過激磁限制器(OEL)：抑制發電機磁場繞組溫升低於容許值。
- (3) 電壓/頻率限制器(VFL)：限制電壓對頻率的比值低於一定值。
- (4) 線電壓降補償器(LDC)：補償本身之阻抗成分所導致的電壓降。
- (5) 電力系統穩定器(PSS)：即時控制激磁數值，以迅速抑制電力擺盪。

S/W D-AVR 系統架構如圖所示：

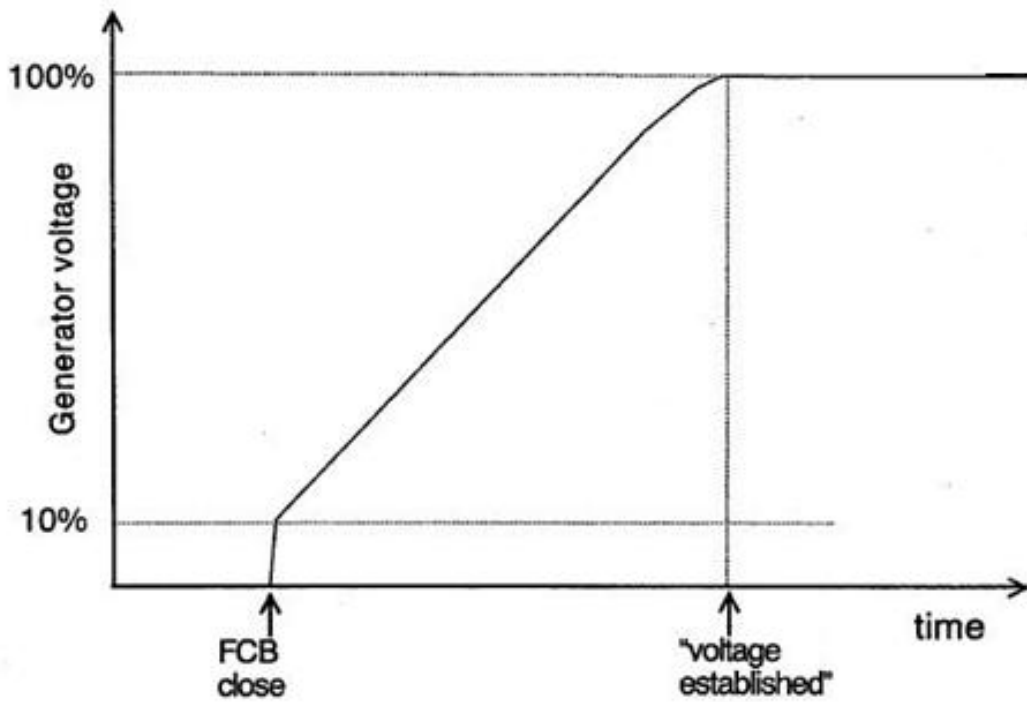
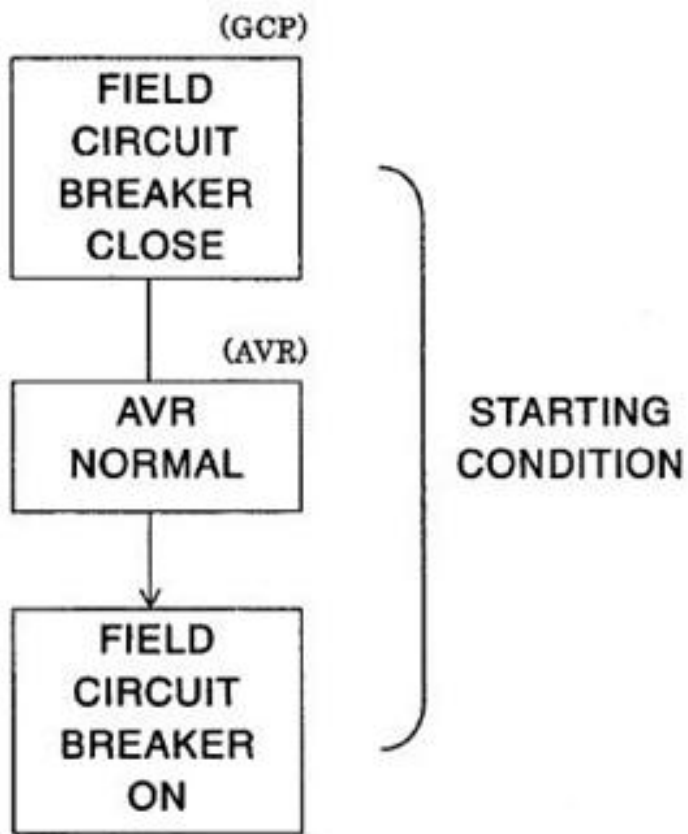


3. 電壓常數模式

電壓常數模式又稱自動模式。當場斷路器閉合後，發電機端電壓會自動升載到額定電壓。電壓常數模式即是讓自動電壓調整器保持發電機電壓端保持在固定常數的準位。

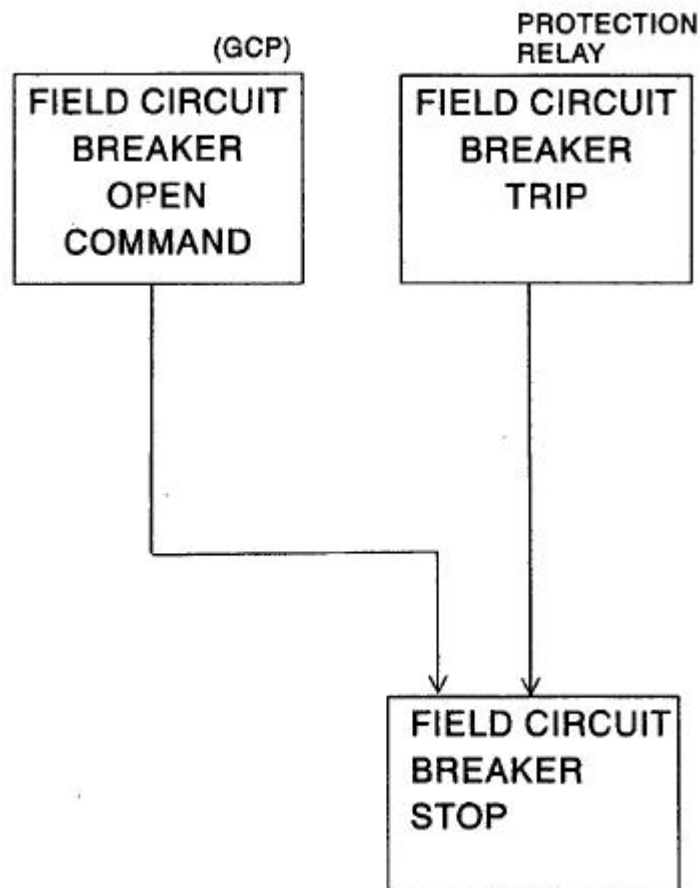
(1) 起動順序

- A. 選擇自動電壓調整器 AVR 在”auto switch”的位置
- B. 選擇場線路斷路器閉合在”FCB switch”的位置
- C. 發電機端電壓提升(電壓設定點使用 AVR 程式自動提升從 0.1pu 到 1.0pu)
- D. 發電機端電壓加壓到 1.0pu



(2) 停機順序

- A. 選擇發電機線路斷路器在開路狀態
- B. 操作電壓設定器降低發電機磁場電壓(使用”lower” push button)
- C. 選擇發電機磁場斷路器在開路狀態



4. 磁場常數模式

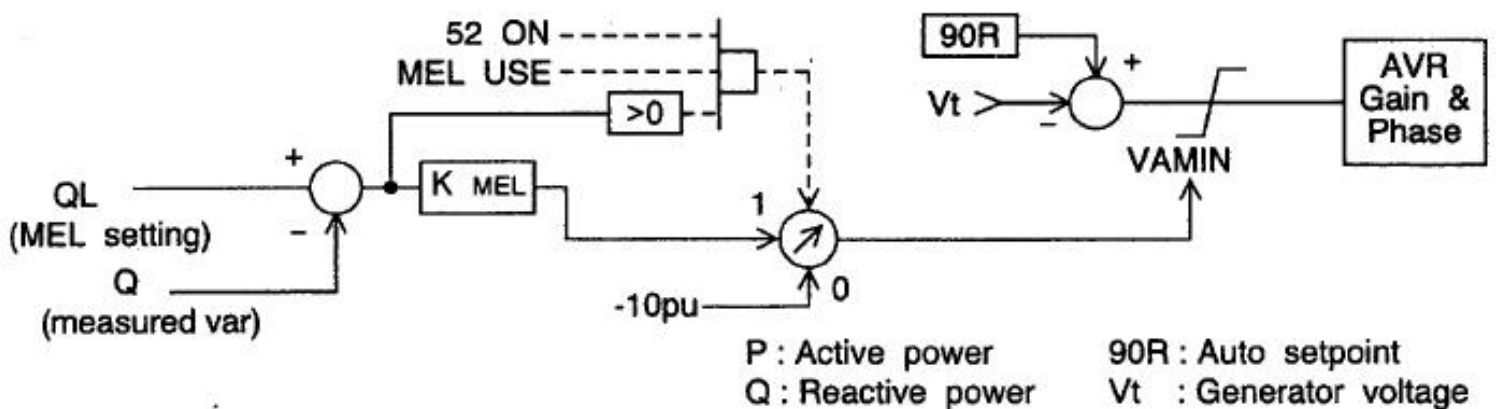
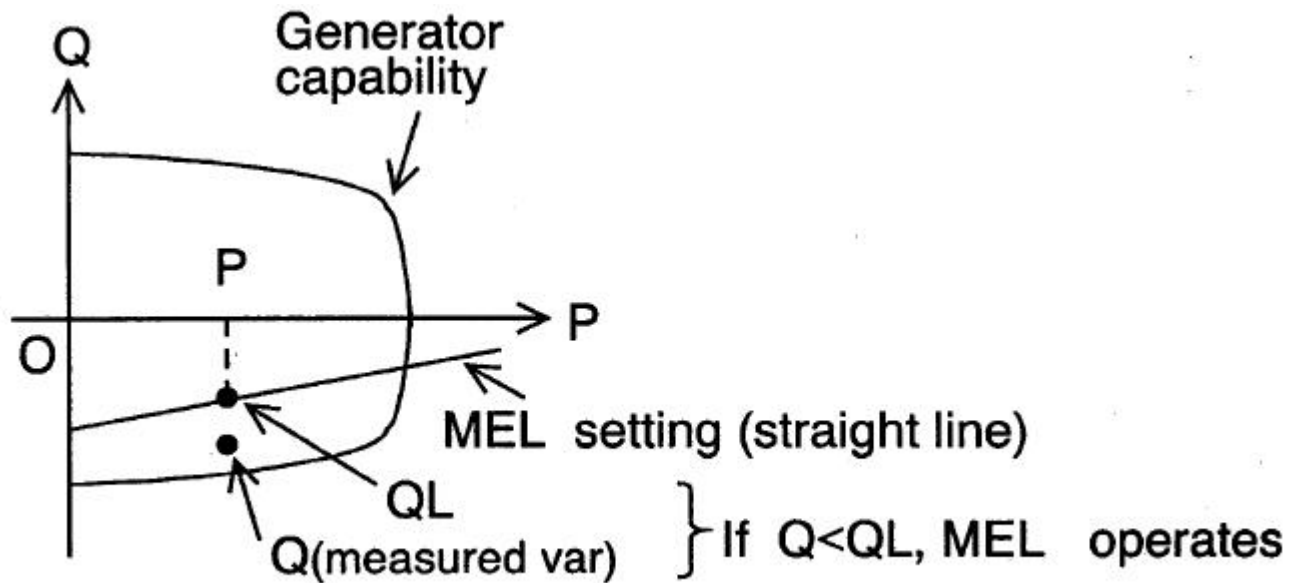
磁場常數模式又稱手動模式，發電機磁場電壓依照 Raise/Lower switch 操作，所需測量的儀器為場接地偵測電路、磁場電流轉換器及磁場電壓轉換器。

- (1) 磁場電流轉換器：針對偵測發電機場電流接地
- (2) 磁場電壓轉換器：主面板指示勵磁機裏的場電流與場電壓，場電流轉換到一個隔離信號 0.5A/4-20mA 與場電壓轉換到一個隔離信 12V/4-20mA.

5. 保護功能

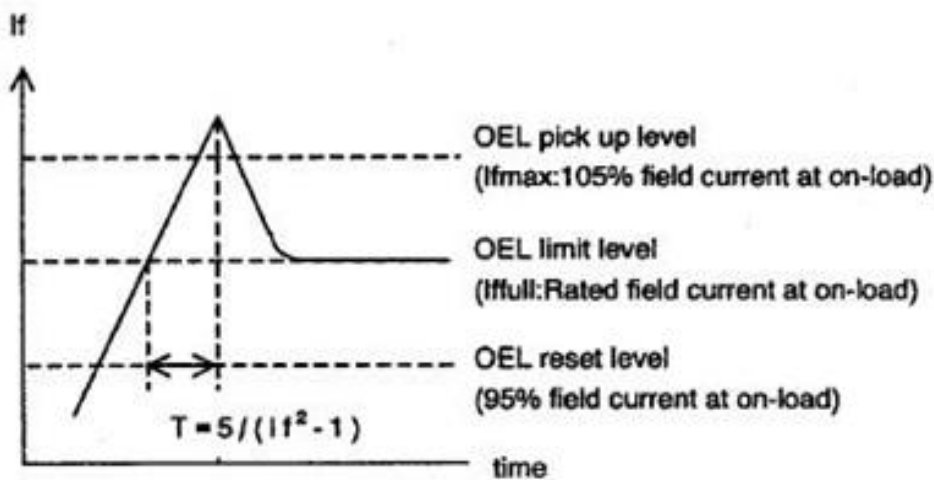
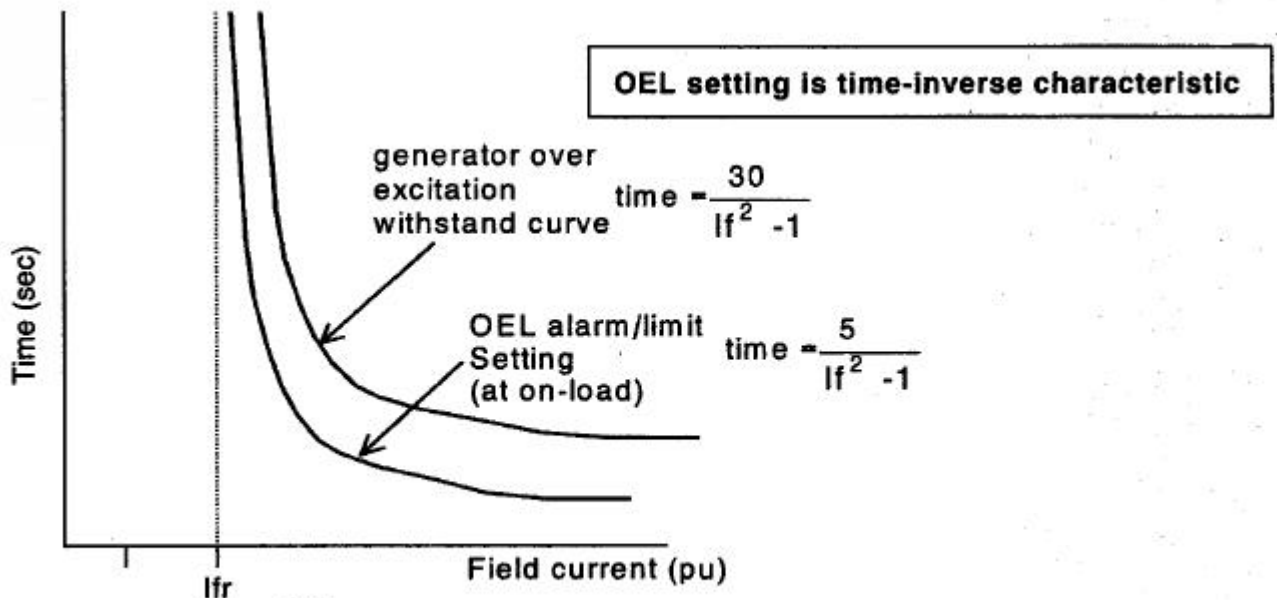
(1) 最低激磁限制器(Minimum Excitation Limiter)功能：

防止發電機低於激磁，當激磁條件偵測 AVR 低電壓測限制器，改變激磁值 VAMIN 從負值-10pu 到正值到進相運轉的安全範圍。



(2) 過激磁限制器(Over Excitation Limiter)功能：

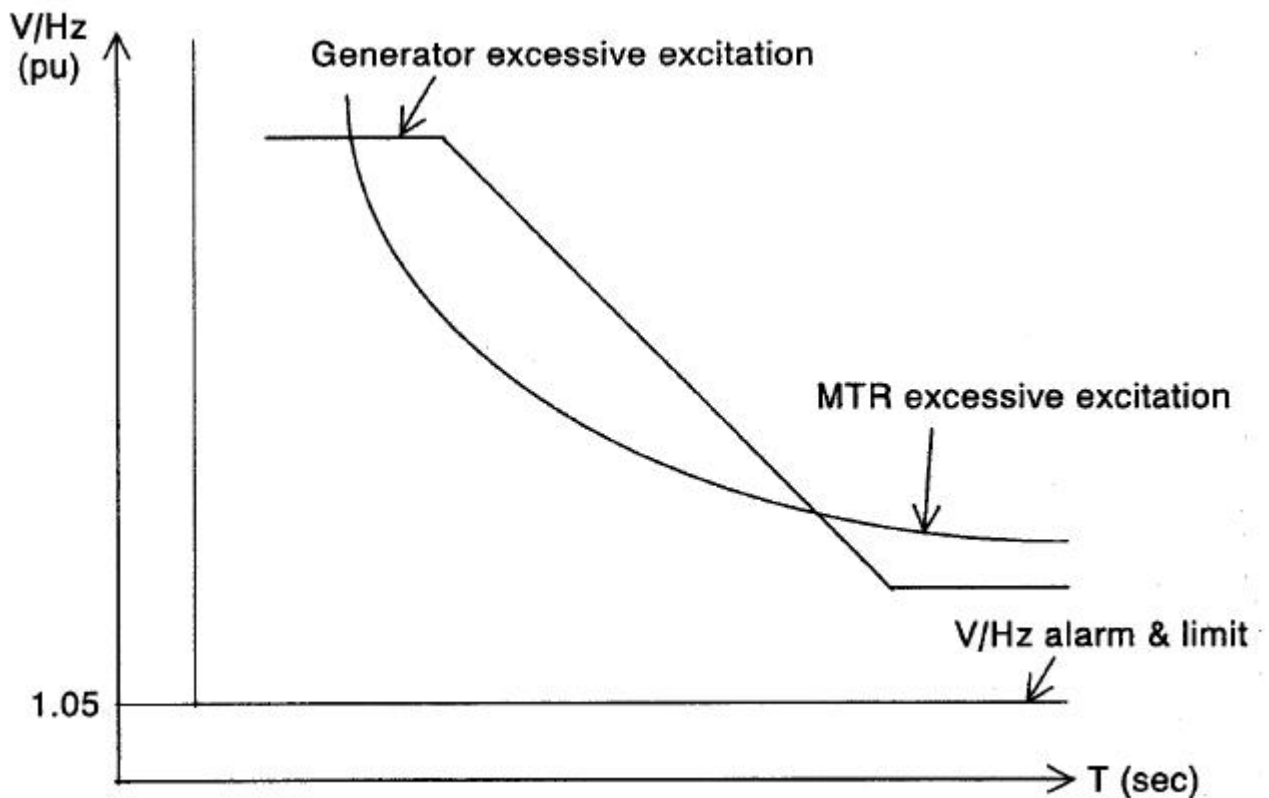
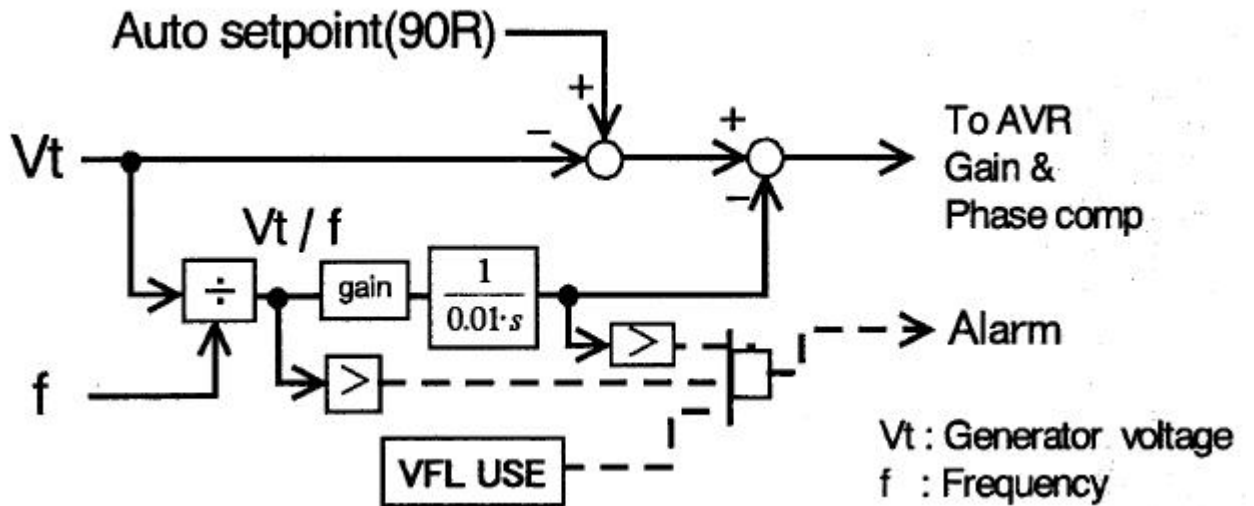
過激磁限制器只要抑制發電機磁場繞組過熱，過激磁限制器時間特性曲性為反時間性並保持在發電機磁場繞組反抗曲線。當過激磁限制器計數器開始計時，告警信號提升且自動電壓調整器裏過激磁限制器計數器正壓側被限制不超過額定磁場電流。當磁場電流小於重置準位額定磁場電流的 95% 時，過激磁限制器就會發出告警信號且過激磁限制器的輸出開始重置。此時，過激磁限制器在無載狀況，整個功能即設定完成。



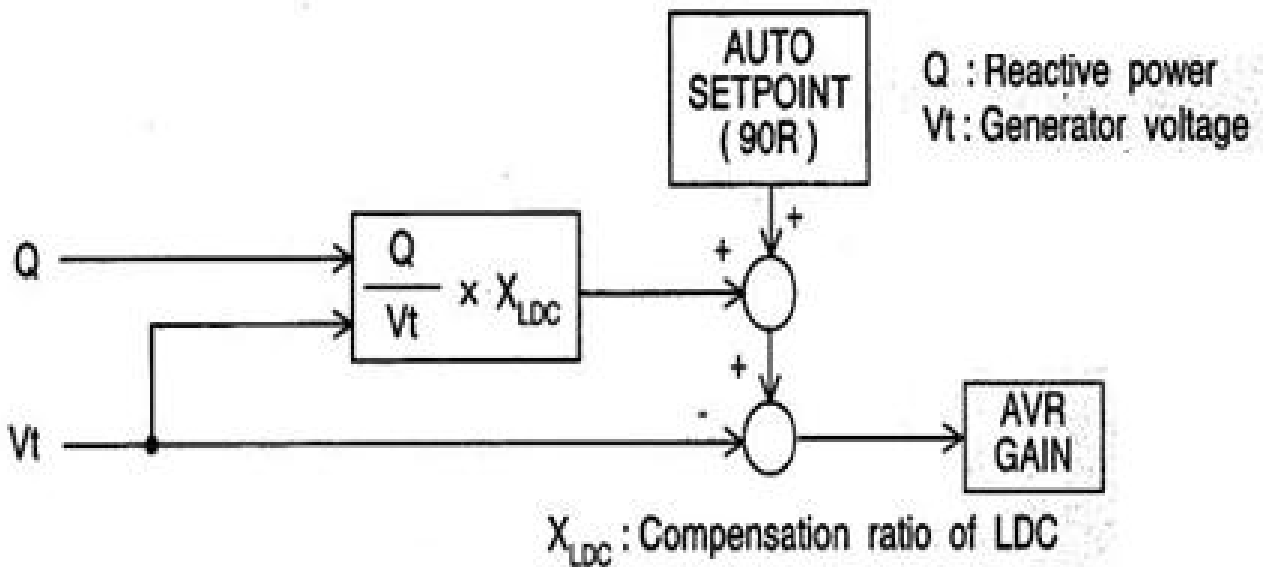
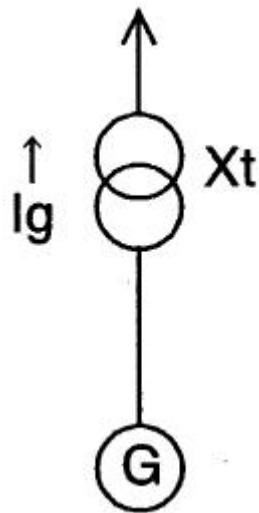
OEL function at on-load

(3) 電壓/頻率限制器(VFL)：

電壓/頻率限制器功能可偵測到發電機電壓與頻率之比率。假如比率超過預設值，電壓/頻率限制器便會發出一個小訊號自動到達設定點並發出告警訊號，限制電壓對頻率的比值低於設定值。

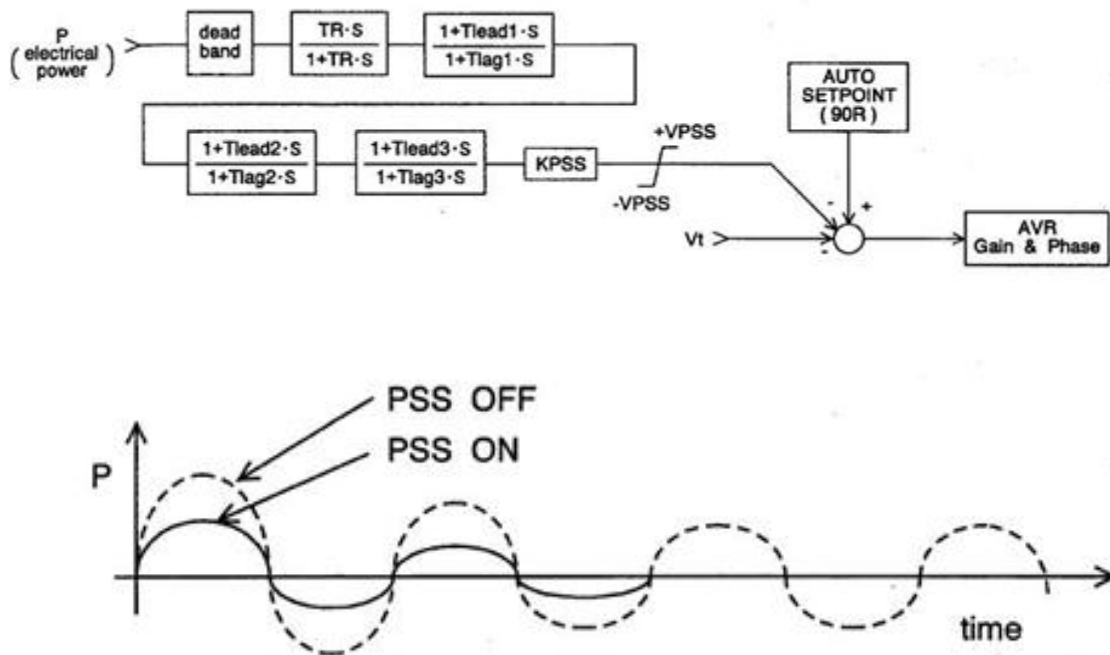


(4) 線電壓降補償器(LDC)：當發電機感應功率落後時，由於主變壓器的電抗值導致系統電壓值下降。線電壓降補償器(LDC)即補償本身之阻抗成分所導致的電壓降。假設落後感應功率增加，補償信號即自動加在設定點上。因此，線電壓降補償器便可增加發電機電壓。



(5) 電力系統穩定器(PSS)：

電力系統穩定器即對自動電壓調整器電路提供一個附加控制信號功能並改善動態電力系統功能抑制功率不穩定擺盪現象。即控制激磁數值，以迅速抑制電力擺盪，下圖即為發電機功率信號使用電力系統穩定器輸入信號數學方塊圖。



(九)、自動電壓調整器之設計要點

1. 電壓調整器

調整磁場電流即可調整發電機電壓，磁場電流由整流器輸出加以控制，並與整流器之輸入電壓成比例。整流器之輸入被 SCT 的負載效應所控制。所謂負載效應，乃 SCT 二次線圈引起的磁化電流。SCT 一次線圈之電流，原有自行調整作用。理論上，這種自行調整作用，可以完全補償因負載變化而引起的壓降，但交流勵磁機的飽和，磁場熱量及其他效應等，應作進一步之補償，此等額外補償全靠電壓調整器輸出直流控制電流至 SCT 之控制線圈，藉以控制 SCT 的飽和作用而完成。一般電壓調整器共有手動調整器及自動調整器兩種方式。

(1) 手動電壓調整器

手動電壓調整係由手動操縱，從磁場整流器之輸出取得直流控制電源，經變阻器送至 SCT 之控制線圈，以改變 SCT 二次線圈之阻抗(如圖 9-1)。

如磁場電壓升高，則 SCT 控制電流增加，反之，如磁場電壓降低，則 SCT 控制電流減少。

手動調整包括 ON-Line 及 Off-Line 調整。On-Line 調整係用於發電機發生不平衡或過激磁而使 AVR 由自動切換成手動調整時，給與適當的控制電流 I_c ，以防止電壓失調現象。另 Off-Line 調整則用於在發電機跳脫時，給與適當的控制電流 I_c ，以抑制發電機端電壓於安全值。此兩種調整均於初次啟動時即予以調整設定妥當，往後的啟動即不必再調整。

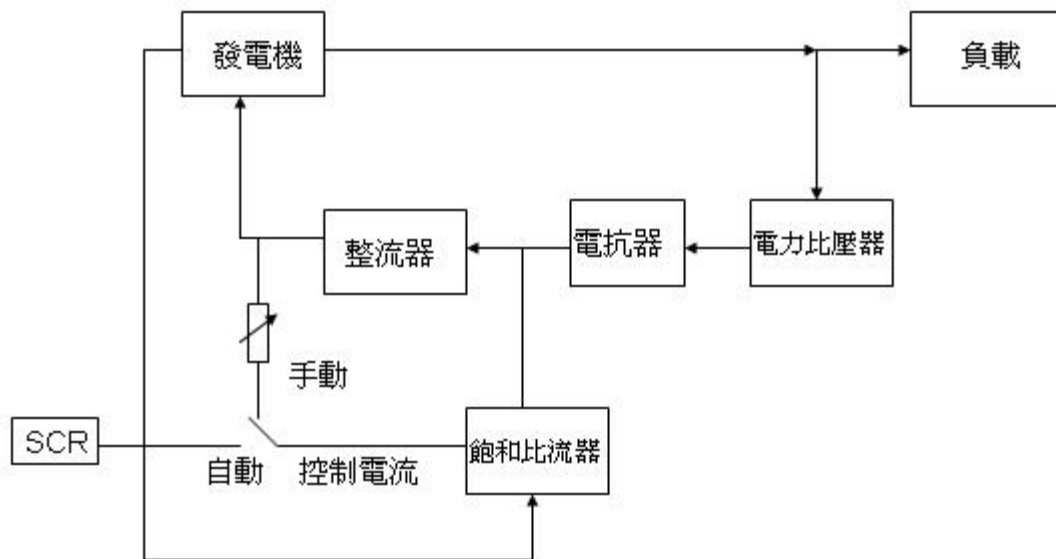


圖 9-1 手動電壓調整器方塊圖

(2) 自動電壓調整器(AVR)

正常運轉，自動電壓調整器應加入使用。SCT 之控制電流可由磁場整流器之輸出或 SCR 取得，如取自 SCR。即為自動調整，如圖 9-2 所示。

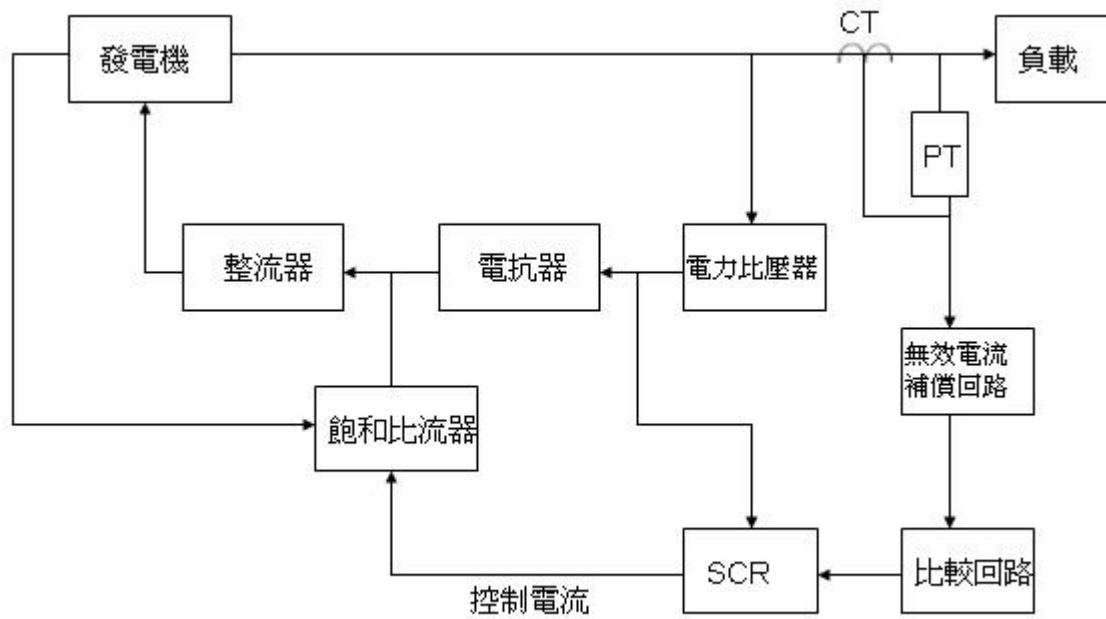


圖 9-2 自動電壓調整器方塊圖

自動調整主要包括無效電流補償器，比較回路及 SCR 觸發回路等，各回路分別說明如下：

A. 無效電流補償器(RCC)

自動電壓調整器線路圖中，如圖 9-3 D、E 二點之右方是 RCC 線路，由 PT、CT 和可變電阻所組成，其目的在使 D、E 兩點的電壓與發電機端電壓成正比，通當分配無效電力，並阻止無效電流在併聯運轉之發電機間產生環流。

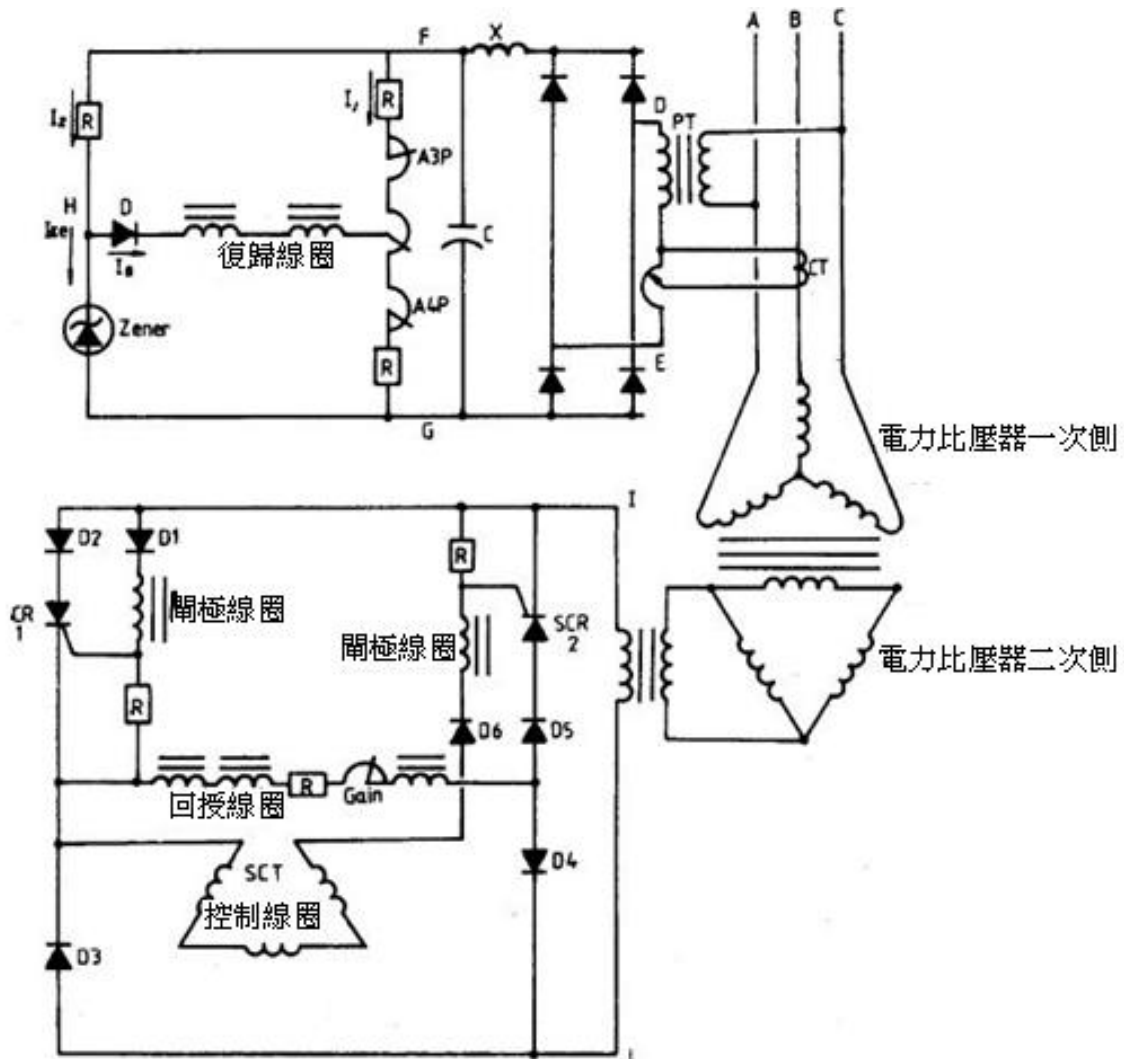


圖 9-3 自動電壓調整器線路圖

B. 比較回路

無效電流補償器之輸出電壓即為比較回路之輸入。DE、FG 之間是全波整流濾波器，FG 兩點之左方是比較回路。比較回路是由固定匹配電阻、可變電阻、復歸線圈，及 Zener Diode 組成的一個非線性電橋。

今設發電機電壓升高 2%，則加於電橋之電壓及電流亦將升高 2%，由稽納二極體之電壓-電流特性曲線可知微小之電壓變動，其相應之電流 I_{ze} 變化甚大。在接點 H 處 $I_2 = I_3 + I_{ze}$ ，顯然當發電機電壓升高，則通過 SCR 復歸線圈之電流 I_3 將減少。同理，發電機電壓下降，則通過 SCR 復歸線圈之電流 I_3 將增加。電流 I_3 之

多寡將控制SCR點火時間的遲早。(復歸線圈與閘極線圈，回授線圈是繞在同一個鐵心上的，而復歸線圈與閘極線圈通過電流後所發出的磁通是互相反抗的，當閘極線圈的磁通強過復歸線圈的磁通時，將使其共用的鐵心飽和，而此時閘極線圈的阻抗變成很小，幾乎成為短路狀況)。如復歸電流較小，則其磁通亦少，此時交流波所要克服者僅為較少之磁通量，於是SCR點火較早，SCT控制線圈之控制電流增加，使SCT飽和，因此有較多之磁化電流通過線性電抗器，壓降增大，於是整流器之輸入亦即發電機之磁場電壓降低，恢復原有之電壓值。

C.SCR 觸發回路

由 SCR、電阻器、整流器及飽合電抗器等組成點火回路。飽和電抗器包括復歸線圈(接於比較回路中)，閘極線圈及回授線圈等。閘極線圈及回授線圈等。閘極線圈接於 SCR 陽極及閘極之間，提供 SCR 點火所需的閘極脈波電壓。閘極線圈具有高阻抗值以制止閘極之觸發，直至電抗器鐵心飽和為止。回授線圈則跨接於 SCR 輸出回路，用以控制增益。

閘極線圈聚積足夠的 Volt-seconds 時，即可使電抗器鐵心飽和，而使閘極線圈阻抗變小，而使跨於 R 之電壓迅速上升，給予 SCR1 閘極脈波電壓，於是 SCR1 點火導通。電流從 I 點→D2→SCR1→SCT 控制線圈→D4→J 點→變壓器。當 J 點電位相對高於 I 點時，則電流從 J 點→D3→SCT 控制線圈→D5→SCR2→I 點→變壓器。任一 SCR 導通，則通過 SCT 控制線圈之控制電流均為同一方向。另比較回路內之復歸線圈之復歸電流使每只鐵心復歸，以備提供次一循環動作，同時指令用於點火 SCR 所需之 Volt-second 數值。

2. 電壓調整器運用原理

- (1) 調整器含有點火線路、功率放大器、無碳刷勵磁機及發電機等輸出之電壓關係。
- (2) 當自動電壓調整器停用(不放在自動位置)時，主發電機之電壓僅可用基準調整器來調整之，基準調整器將產生一種可變的直流信號，輸入至閘流體點火線路。經由點火線路，閘流體功率組件，無碳刷勵磁機及發電機等各別的輸入與輸出值，可得端電壓，即可由端電壓間的連線來表示。在不考慮發電機

的磁飽和情形，而在於發電機之勵磁直接與基準調整器的整定值呈正比例，實因為旋轉發電機的磁飽和曲線乃直接隨速度而變，故在基準調整器控制下，發電機的端電壓隨汽機的轉速不同而變。

- (3)當自動電壓調整器使用中時，若發電機端電壓仍在點火線路附近值，則此時調整器輸入點火線路之數值為零，因閘流體點火線路的總控制輸入是由基準調整器輸入而來。
- (4)假設基準調整器及電壓調整器的整定值不變，而發電機負載降低，則從調整器線路產生一降壓信號進入點火線路，使調整器維持發電機於相同的端電壓。此降壓信號值在基準調整器座標所示之的長度。應注意輸入到點火線路信號的合成數值是基準調整器輸入減去調整器信號。

功率放大器輸出之基值勵磁係由基準調整器來決定，而調整器的作用係基值勵磁為準作升壓或降壓，以維持發電機電壓，基值勵磁即為當基準調整器輸出為零或調整器停用時的勵磁值。

當調整器在使用時，基值勵磁可以設定在發電機無載或滿載額定功率因數之間的任何數值，調整器降壓與升壓的輸出信號足以維持負載變化引起而改變之勵磁。

當平衡表指示為零時，倘若發電機之無效電力增加，則端電壓下降，調整器即產生，調整器即產生”+”的誤差信號，此信號產生 Booster 方向之升壓作用，而使發電機端電壓回升至原先預定之目標值。由於調整器產生輸出誤差電壓，必有相當的誤差度，因此電壓下降是無法避免的。同理發電機之無效電力減少時，調整器將產生”-”的誤差信號，此信號產生 Buck 作用，減少發電機之勵磁，以維持發電機端電壓。

三、出國期間之感想與所遭遇之困難：

電力乃工業之母，火力發電在整個電力系統中，恆居重要之地位。其發電技術之發展進步，日新月異，為充分瞭解發電機數位式靜態激系統之設計與製造等相關新知，職非常感謝長官給予學習成長之機會，派赴日本三菱重工株式會社接受前述之專業訓練，對個人之專

業知識及技術增益不少，亦提昇協調解決裝機、試運轉所可能衍生之問題的能力。

在日本實習期間，廠家技術人員溫謙有禮，授課行程按時間表進行，不遲到不早退，對於所提問題皆耐心回答，此做事嚴謹及熱忱態度另職有深刻的體驗；另廠家非常注重研發之規劃與測試，發展出自主之技術，並由專責之單位保存此等寶貴之技術資料，以做傳承和創作改進之資料庫，供後輩參卓。

但此次實習過程中，因雙方語言溝通能力不佳，造成溝通費時，故如能加強溝通能力，將有助於學習之成長空間。

四、對本公司之具體建議：

- (一) 發電機數位式靜態激系統組件因需承受高壓高溫，造價昂貴又極易損壞，未來將是大潭電廠營運的重大負擔，因此建議必需及早規劃如何降低採購這些組件的成本。
- (二) 因應廠家之自創品牌技術，惟本公司人才雲集，實應培養自己的設計規劃能力，並推行知識管理，以提昇企業品質。
- (三) 技術更新的迅速，建議公司定期派員至廠家學習新設備製造技術及安裝、測試、保養技術，以使未來機組採購規範制定能更加符合現代電廠規劃、設計潮流，使設計審查人員更能迅速了解新設備、新技術原廠家設計的理念。本公司目前發電的比例使用傳統火力發電及核能發電佔了百分之七十，但為因應未來全球暖化的問題，除了限制溫室氣體排放量，全世界必須轉向不同的能源模式，這可以藉由全世界的能源系統都「去碳化」來做到。「去碳化」意謂著大輻改用太陽光電、太陽熱能、風力發電、水力發電、生質能利用等再生能源，而這其中最令人驚豔的科技，就是乍看薄得像張壁紙般的太陽光電，也是 21 世紀最有可能列入環保時尚潮流的再生潔淨新能源。
- (四) 由於新型機組型式多樣，功能各有其優劣的地方，建議公司可考慮

以同時請各廠家來公司說明新機組的功能型式做評比，以最符合經濟成本且最有利電廠採用方式的廠家，未來在採購電廠機組時優先考量其設計的產品，如此可減少招標作業，縮短工期，亦可使機組間相關界面及往後機組零件缺料的問題，以減少公司建廠成本。

- (五)日本三菱重工株式會社各項作業均依安全作業標準施作，作業前各工作班均召開工安宣導會議，實施作業前檢點及工安零災害呼喚，其工作安全及作業環境要求甚嚴，且員工們非常注意工作安全，人人有做預防危險的準備且自我要求甚高，工作人員在高處作業時，一定使用作業平台且均自動掛妥安全護帶，工安人員、管理人員到現場時，也都隨身攜帶安全護帶，此點值得我們學習。