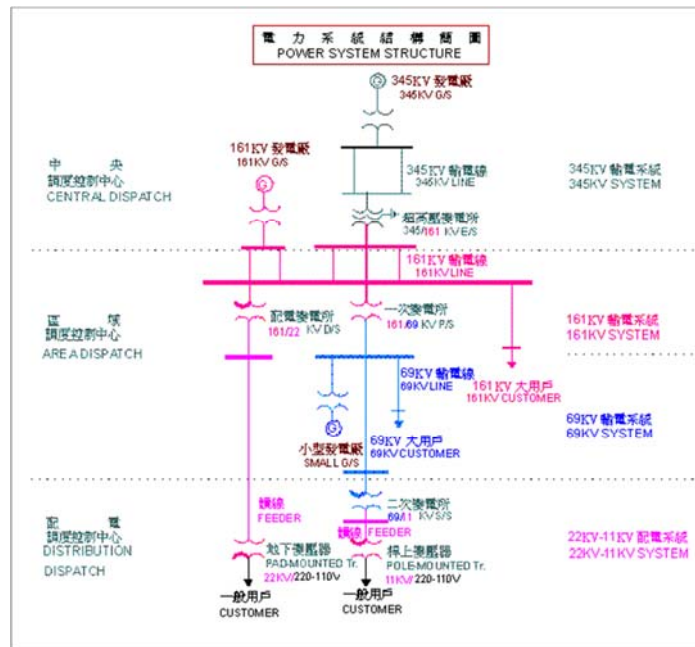
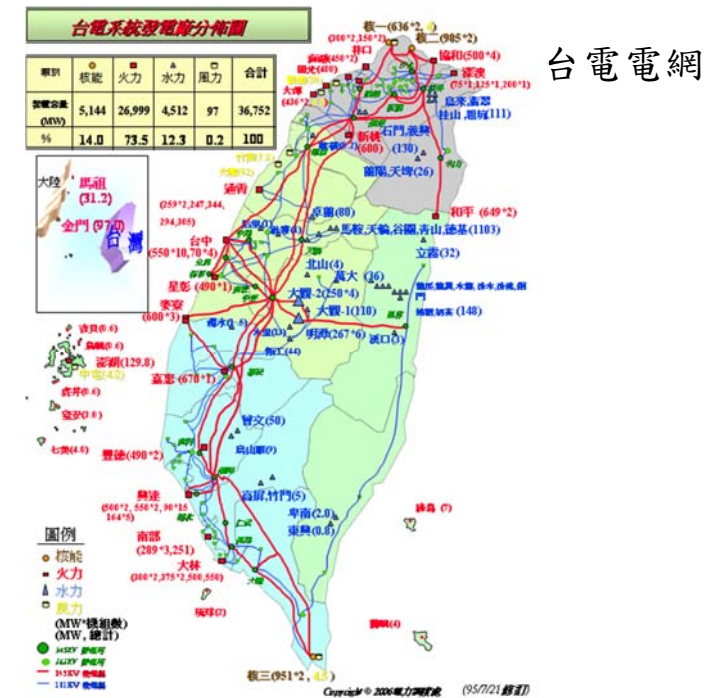
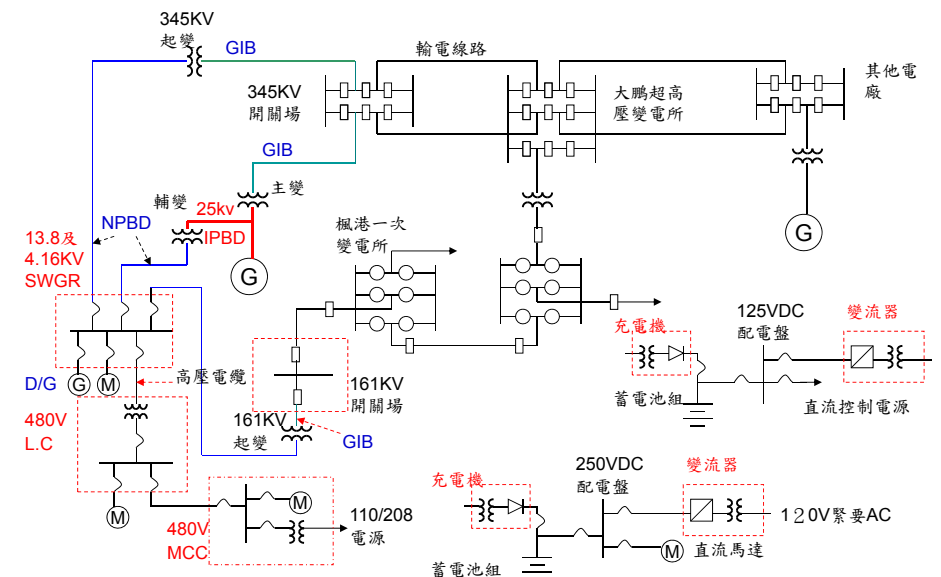


# 廠用電力系統

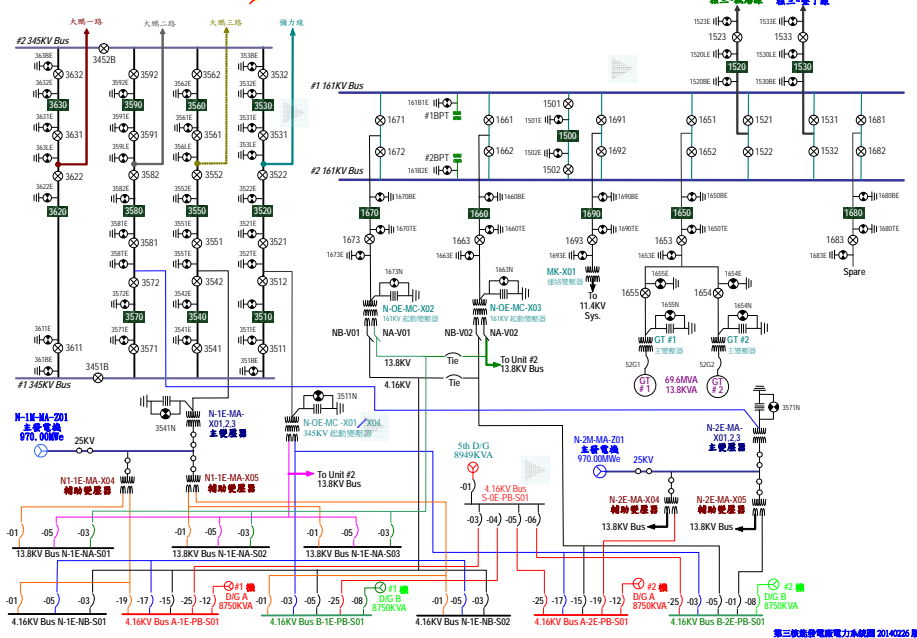
- 台電電網
- 核三廠單線圖
- 主變壓器、起動變壓器、輔助變壓器
- 中壓匯流排(安全、非安全)
- 4.16KV第三電源及移動式柴油發電機
- 480V負載中心(LC)、馬達控制中心(MCC)
- 非安全250VDC系統 (NJ)、125VDC系統 (NK)、120VAC系統(NQ)
- 安全相關125VDC系統 (PK)、120VAC系統 (PQ)
- 開關場(161KV及345KV)



## 電廠輸配電系統示意圖



### 第三核能發電廠電力系統圖



## 廠用電力系統之功能

- 提供機組起動、停機及運轉所需之電力
  - 兩個外電，及2台全黑起動氣渦輪機。
- 將發電機的電力輸出到電網及供給正常運轉時的廠內用電
  - 運轉中廠內用電，除了B-PB BUS外都使用輔變之電力。以提高效率。
- 提供緊急爐心冷卻電力
  - 兩個外電供電到兩個4.16KV緊要匯流排
  - 每個匯流排各有一台緊急柴油機，另有一台第五台柴油機，
- 提供控制用的直流、交流電源
  - 此電源必須不受跳機及外電喪失之影響。
  - 蓄電池組的容量必須足夠安全停機用。
- 提供安全停機操作所需要的緊急照明（QB系統）
- 提供重要的潤滑油泵、氬氣封油泵直流電力
  - 此電力需不受喪失外電影響，需由蓄電池組供應。

## 一、主變壓器基本資料：原

主要規格：

1 $\psi$  23.75/345Y KV 336MVA

3 $\psi$  總計1008MVA

製造廠家：日立公司

製造年月：1980製

民國69年

本體油量：35100 L

本體重量：135000 KG

總 重：210000 KG

型式：FOA-55°C-65°C型



## 主變壓器規格

- 一次線圈25KV，二次線圈345KV，-Y接，高壓側中性點接地。
- 由三台單相變壓器組合而成，額定容量在溫升55°C時為1008MVA，在溫升65°C時為1129MVA
- 抽油強風冷卻（Oil Immersed Forced Oil Cooled With Forced Air Cooler 簡稱FOA）
- 主變壓器與發電機由相間隔離匯流排（Isolated Phase BUS）連接成為一體，機組併聯利用345KV斷路器做為併聯開關。

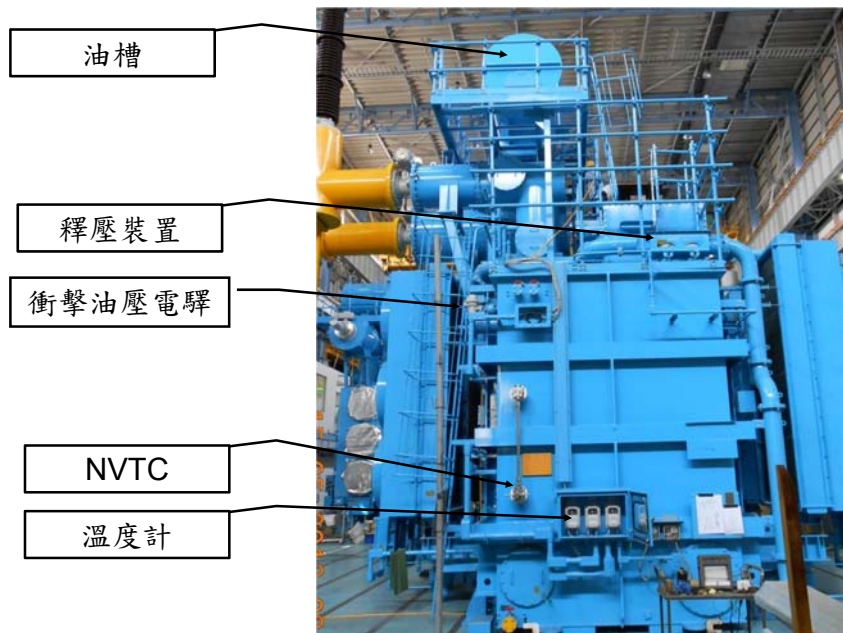
## 主變外觀



## 外觀

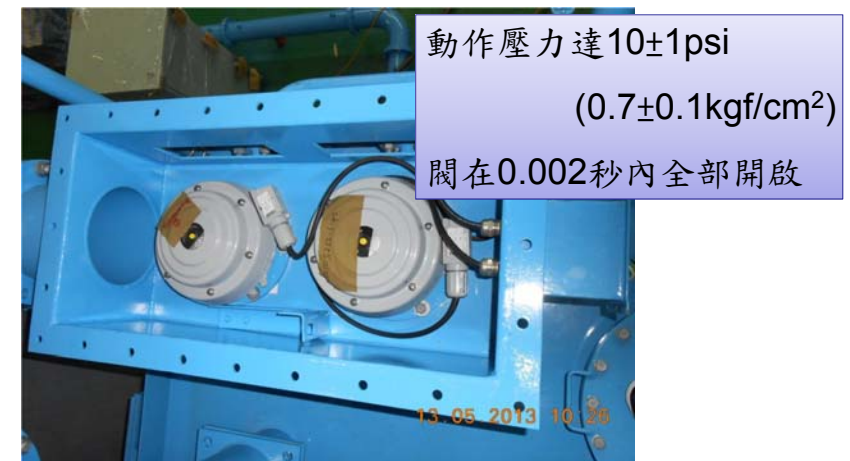


10



11

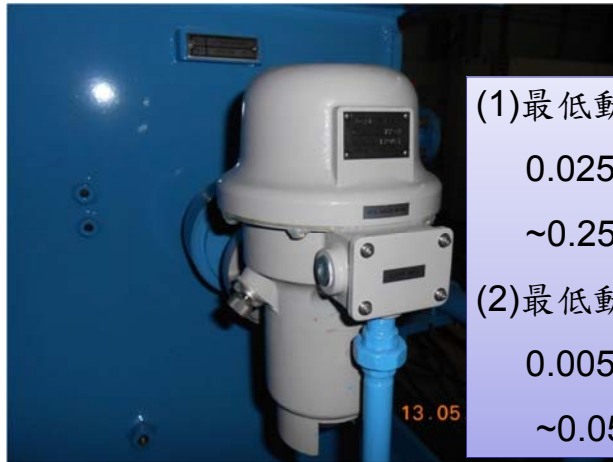
## 釋壓裝置



12



## 衝擊油壓電驛



- (1)最低動作壓力差達  
 $0.025 \pm 30\% \text{ Mpa}$   
 $\sim 0.25 \text{ kgf/cm}^2$
- (2)最低動作壓力上升率達  
 $0.005 \pm 40\% \text{ Mpa/sec}$   
 $\sim 0.05 \text{ kgf/cm}^2/\text{sec}$

13

## 布氏電驛

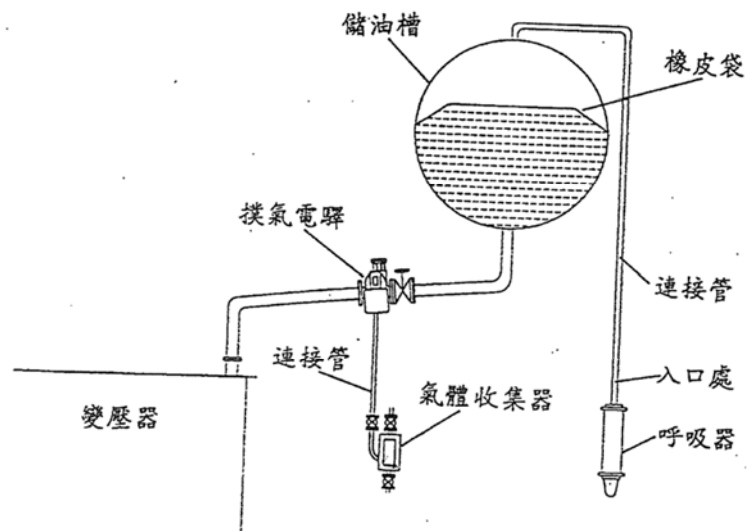
第一段警報：  
 氣體達  $300 \sim 350 \text{ cm}^3$

第二段警報：  
 油流速達  $100 \pm 15 \text{ cm/sec}$



14

## 氣體收集器



## 洩漏偵測器

氣體達  $400 \sim 500 \text{ ml}$



15

## 輔變及起變規格

### 兩台機組輔助變壓器 (Unit Auxiliary Transformer)

- 一次側線圈25KV、二次側線圈有兩繞組，分別為13.8KV及4.16KV
- 浸油自冷/強風冷卻 (Oil Immersed/Forced Air Cooled, 簡稱OA/FA)
- 溫升55°C時，額定容量為33.9/45.2MVA OA/FA。溫升65°C時，容量為38.0/50.7MVA OA/FA
- 機組輔助變壓器是機組併入系統，有相當出力（約200MW）後，供給廠內用電
- 兩台345KV起動變壓器，一台線上，一台備用（兩部機共用，可以停電切換）
  - 一次線圈345KV、二次線圈有兩繞組4.16KV和13.8KV兩種
  - 浸油自冷/強風冷卻 (OA/FA)，士林新起變-導油風冷式(ODAF)
  - 容量與機組輔助變壓器大致相同
- 兩台161KV起動變壓器（每部機各用一台，以連結斷路器相聯）
  - 一次線圈161KV、二次線圈有兩繞組，4.16KV和13.8KV兩種
  - 浸油自冷/強風冷卻 (OA/FA)
  - 容量與345KV起動變壓器相同
- 兩台161KV起動變壓器低壓側間裝有連結斷路器 (Tie Breaker)，目的是  
 一台161KV起動變壓器故障時，其負載可手動切換至另一台161KV起動變壓器，避免兩台161KV起動變壓器並聯運轉

## 輔變外觀



## 舊345KV起變



## 新345KV起變



## 冷卻器



21

## 新舊345KV起變之差異-1/2

項目	原起變	新起變	備註
額定電壓	345kV	345kV	相同
額定容量	50.7MVA	50.7MVA	相同
匝比	5 TAP	5 TAP	相同
冷卻方式	強迫風冷式	導油風冷式	油流循環較好 冷卻效率較高
套管-衝擊絕緣基準 (BIL)	1300kV	1300kV	相同
繞組-衝擊絕緣基準 (BIL)	1050 kV	1175kV	絕緣較高
噪音	<85 db	<85 db	相同
控制回路	電磁開關	ATS	ATS較穩定

22

## 新舊345KV起變之差異-2/2

項目	原起變	新起變	備註
儲油槽	膜片式	油袋式	
洩漏偵測器	偵測漏油	偵測漏氣	
衝擊油壓電驛	無	兵田製	0.025MPa/0.02s
鐵心接地套管	未引出	引出	
套管壓力偵測	無	NGK	內部過壓偵測
RTD電阻溫度檢測器	銅10Ω(0°C) 3.85°C/Ω	白金 100Ω(0°C) 0.385°C/Ω	
布氏電暈氣體收集器	無	有	

23

## 變壓器的運轉

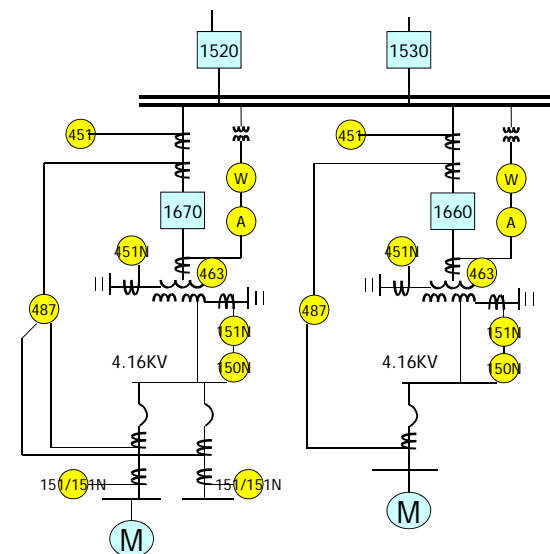
- 運轉
  - 油位保持正常
    - 儲油槽(conservator)有低油位警報
  - 油溫及線圈溫度保持正常
    - 電腦點(RTD SENSOR)，有高溫警報(油溫80°C，線圈110-120°C主變起變、高低壓各不一樣))
    - 現場有氣動式溫度計及警報，此溫度計之接點亦用來起停風扇。
    - 主變風扇起動順序
      - 第一段加壓，起動兩組風扇
      - 第二段，一組風扇，55°C起動，45°C停
      - 第三段，一組風扇，60°C起動，50°C停
  - 冷卻風扇及油泵
    - 注意運轉有無異聲，過載跳脫。
    - 注意備用風扇電源是否可用。
    - AC/DC控制電源是否正常。
  - 變壓器外觀
    - 法蘭面、套管是否有漏油，套管油位是否正常。
    - 呼吸器之油位是否正常，是否正常呼吸，乾燥劑是否已變顏色須更換。
    - 釋壓閥是否有裂痕、漏油。



## 變壓器的保護

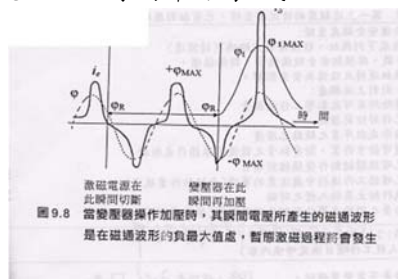
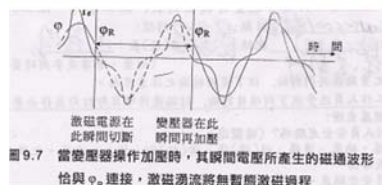
- 變壓器故障的種類
  - － 內部故障：繞線短路、絕緣破壞、套管故障
  - － 外部故障：過載、冷卻系統故障引起的過熱
  - － 局部性過熱：內部散熱不良、絕緣逐漸劣化
- 內部故障的保護：差動電驛、突壓電驛
- 外部故障的保護：過電流電驛、接地過流電驛
- 慢性故障的偵測：油中氣體分析

## 161KV起變單線圖



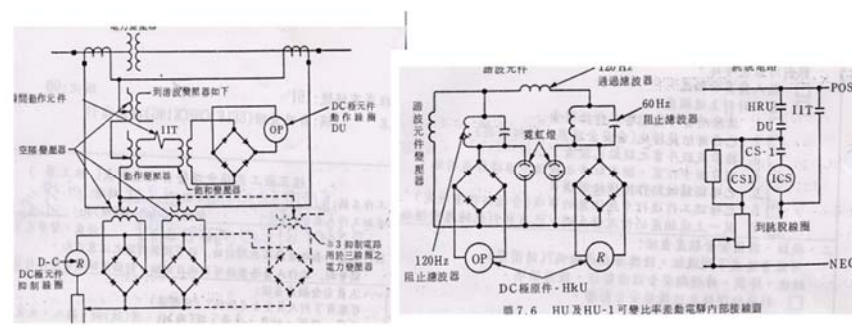
## 變壓器的差動保護

- 變壓器在加壓時有激磁湧流，此時一、二次側電流差異很大，因此變壓器用的差動電驛不能如發電機或母線所用一樣靈敏。
- 激磁湧流的成因如下圖，變壓器停止加壓時留有殘磁，再加壓瞬間之磁通方向不一定與殘磁方向一致，此時將造成激磁湧流，此湧流將依系統之 $L/R$ 時間常數衰減。



## 變壓器差動保護

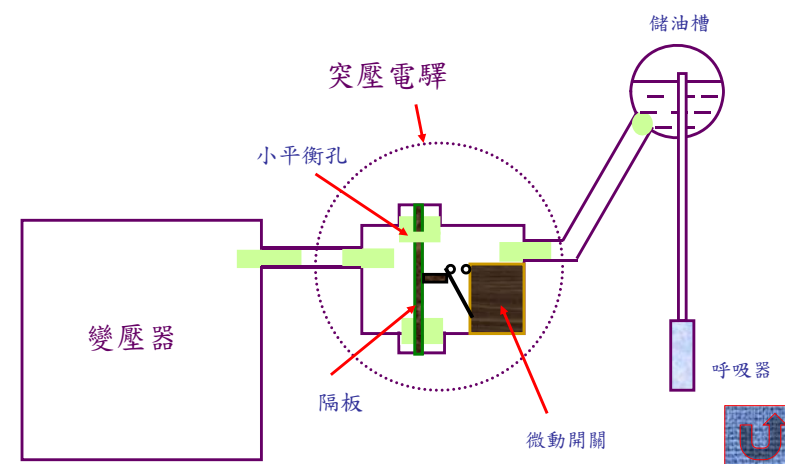
- 激磁湧流含有高成分的二次諧波，變壓器差動電驛之差動線圈串有120HZ陷波器，如果差電流成分中120HZ成分高，則動作一接點去阻止差動電驛動作。



## 主變壓器突壓保護 (563)

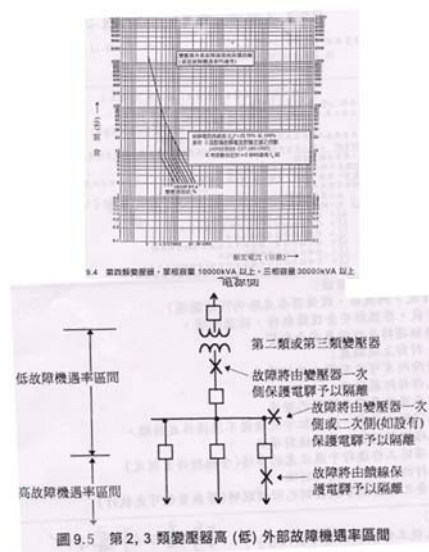
- 變壓器如果內部發生故障，一般會產生電弧或火花，變壓器內部的絕緣油會被分解或蒸發成氣體。由於氣體的膨脹作用，變壓器內部的壓力將會升高，突壓電驛就是根據這種現象設計出來的。
- 變壓器由於負載的關係，內部壓力是會變的，正常的升載下，此壓力變化是很小的，變壓器在內外油箱之間裝上突壓電驛，電驛室兩端隔板中間有一小平衡孔，如壓力變化甚慢，則內外室壓力易平衡，微動開關不會動作，假若事故發生，壓力突昇，小平平衡孔無法快速使內外室壓力平衡，於是微動開關會動作。

## 主變壓器突壓保護電驛圖示



## 變壓器的過流保護

- 變壓器的過流保護與馬達類似，先參考變壓器的過熱破壞曲線，過流電驛的動作時間不可跨越該曲線
- 過電流對變壓器除了繞組的熱效應外，高電流的電磁作用也會使繞組線圈位移，絕緣材料受擠壓而受損。
- 是否需考慮機械力效應，則視變壓器出口至下游饋線間之連接線故障的機率而定，因此線段短路故障電流所產生的機械破力累積機率較高。
- 破壞曲線可參考ANSI/IEEE C57.109-1985之曲線準則。



## 13.8KV匯流排(NA)

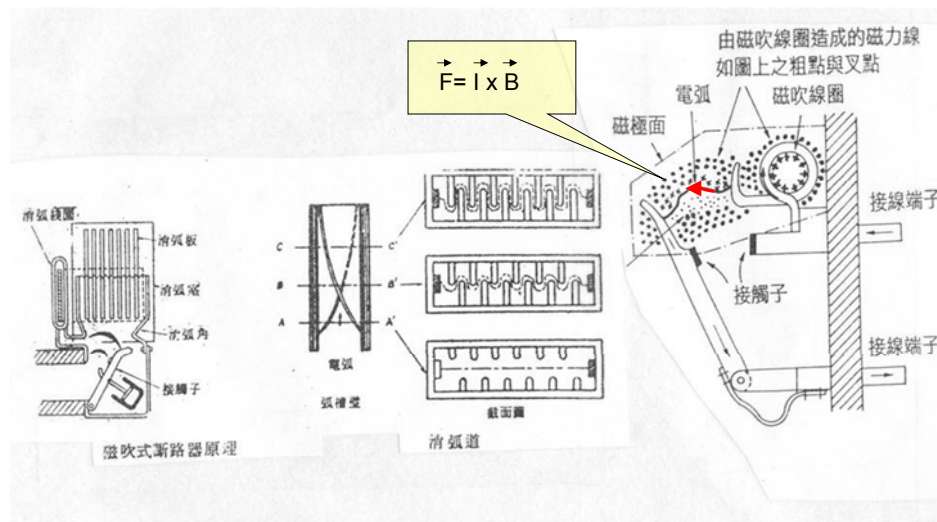
- NAS01,02,03共三個匯流排，供應廠內主要2仟馬力以上馬達如RCP, CP,CWP、起動飼水泵等。
- 另有三個開關箱編號為NAS04, 05, 06分別介於NAS01, 02, 03與RCP馬達之間，屬安全有關設備，該開關箱裝有RCP之低電壓及低頻率保護電驛。
- NA匯流排有三電源，分別來輔變、161KV起變、345KV起變，後兩者稱為廠外電源。
- 運轉中正常由輔變供電，預選一個起變為後備電源，跳機快速轉換到後備電源，如果快速切換不成功，當匯流排電壓降至25%時，引動慢速切換。
- 停機時由廠外電源供電，起動併聯負載達200MW時，以手動併聯切換到輔變。
- 兩個廠外電源因有相角差所以不併聯，但相互間可作手動快速切換，或自動慢速切換。
- 匯流排低電壓時(27B電驛動作，設定55V約48%額定電壓)，跳脫馬達負載。可能會跳機。





## 磁吹斷路器消弧原理

1. 拉長電弧 2. 冷卻弧根
3. 施壓力於弧極及弧道
4. 引導氣體穿越弧道



## 4.16/13.8KV匯流排電源切換原則

- 機組起動、停機過程
  - 輔變與161KV或345KV電源之切換，以先併聯後切離之方式切換。
- 跳機時
  - 非安全有關BUS
    - 以快速自動(fast auto)切換為原則，如果失敗慢速自動(slow auto)切換自動接手，如果再失敗，bus就失電。
  - 安全有關BUS
    - 以慢速切換為原則，如果失敗則產生LOV(27F電驛 4選2)信號，隔離外電起動柴油機供電。
- 運轉中或停機中
  - 345KV與161KV電源間有相角差，不得併聯，原則上以快速手動(fast manual)切換。
  - 必要時輔變與345kv或161kv之間也可以用快速手動切換。

## 各種電源切換的條件

- 預選電源的條件(共同條件)
  - 備用電源選擇開關(如HS-93)選在該電源
  - 該電源之電壓必須正常(27L2或27L3)
  - 該電源變壓器(如起變、輔變)必須無保護跳脫信號
  - 沒有匯流排故障信號(BUS FAULT)
  - 沒有control interlock信號(僅安全有關bus)
- 併聯方式
  - 由運轉員按下SYC，觀看同步儀確認角度正確，投入斷路器。
  - 開關投入後5秒內需將原來的電源斷路器切掉，否則剛投入的斷路器會自動跳脫，目的在避免兩個電源變壓器併聯太久。
- 快速自動切換
  - 機組跳機時，跳機的信號同時會將輔變電源斷路器跳脫。
  - 如果預選電源的條件符合，而且當時預選電源與匯流排電壓之相角差小於同步電驛25-1之設定。
  - 輔變、另一外電之斷路器及柴油機斷路器需(僅PB BUS)是打開的
  - 則當輔變斷路器主接點打開瞬間，當快速b接點動作時，立即產生快速投入信號，將預選電源斷路器投入。

## 電源切換可能產生的效應

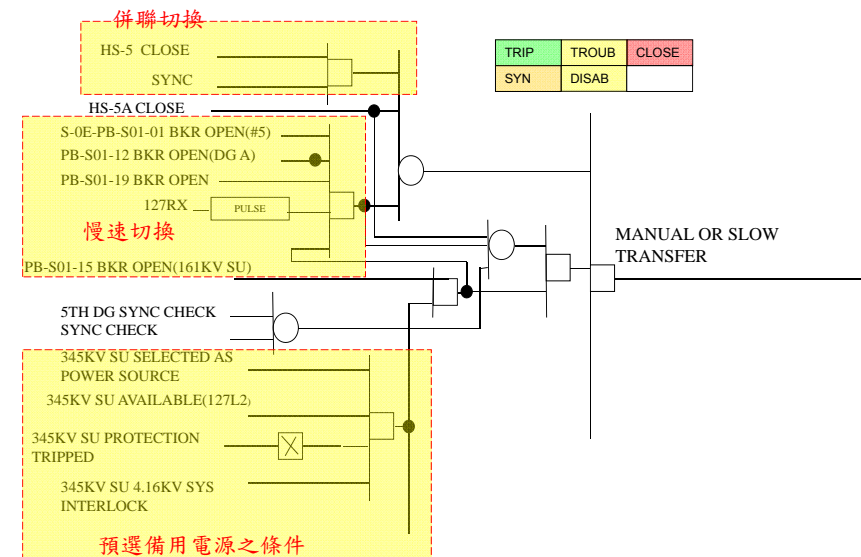
- 慢速自動切換
  - 如果匯流排原供電斷路器跳脫，則匯流排電壓將逐漸降低。
  - 當匯流排電壓降至30%左右，殘電壓電驛(27R)動作，產生一pulse信號，將預選電源斷路器入。
- 手動快速切換
  - 如果預選電源的條件符合
  - 另一非預選電源及柴油機之斷路器是打開的
  - 預選電源的相角與匯流排電壓的相角符合同步電驛25-1之要求。
  - 當運轉員按下快速切換開關(HS-88)，則該開關會產生一秒鐘的手動快速切換信號，先去把供電中的電源斷路器跳脫。
  - 當供電中的電源斷路器跳脫瞬間，快速b接點動作時，預選的備用電源斷路器即自動投入。

- 切換時電源中斷的時間越短，對設備可能造成暫態越小。
  - 能併聯切換最理想
  - 快速切換
    - 斷電的時間最短，但此時匯流排的殘留電壓還高，投入瞬間雖管制相角差，但衝擊電流可能太大，對電氣設備有不良影響。
  - 慢速切換
    - 匯流排殘留電壓已低，投入時對電氣設備影響較小，但因切換時因斷電時間較長，馬達減速後再加速，不可避免的造成流程上的暫態，如NSCW的壓力暫態。
- 切換時不重要的大馬達可切掉，降低衝擊電流
  - 在NB BUS上，中央寒水機暫停影響不大
  - 跳機時，由發電機保護盤直接跳脫
  - 快速及慢速切換時，切換信號同時跳脫寒水機。

## 安全有關BUS電源之切換條件

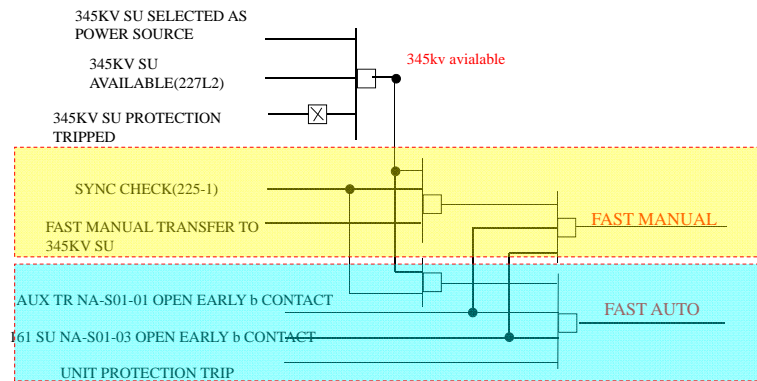
- 安全有關BUS不執行快速自動切換。
- 安全有關關BUS如果切換到外電時，除了需符合與非安全有關bus之條件外，尚需符合預防柴油機過載所設定的控制連鎖(control interlock)條件。
- 控制連鎖
  1. 本部機至少已有一4.16KV bus使用本外電。
  2. 另一部機至少已有一4.16KV bus使用本外電。
  3. 本匯流排的柴油機已併聯使用中。
  4. 如果以上條件符合，則bus就無法切換到該電源。
  5. 如果1,2的條件都符合，當柴油機一併聯，則該外電立即跳脫。

### 併聯及手動切換

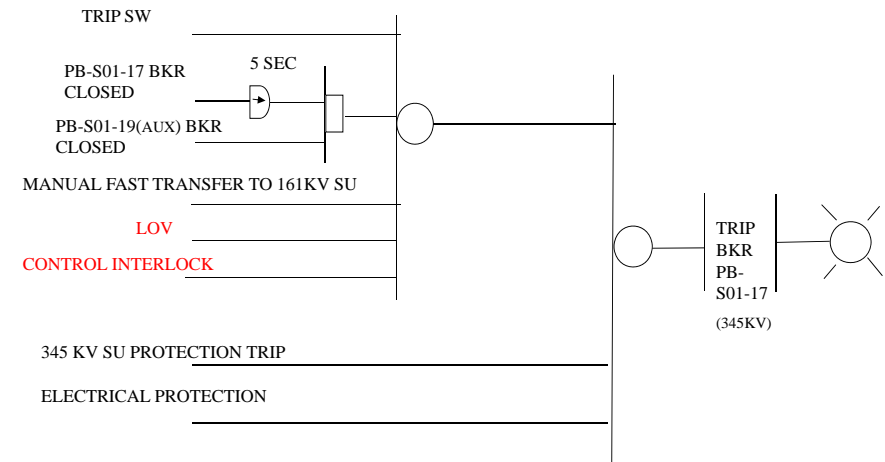




## 快速切換

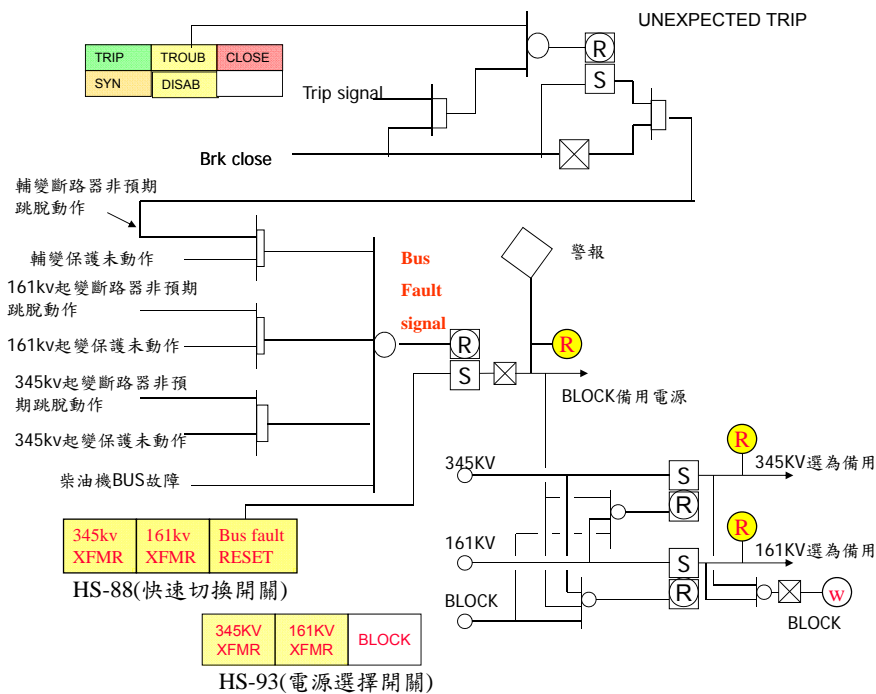


## 跳脫邏輯



## 非安全有關4.16KV匯流排(NB)

- 供電到非安全有關匯流排及2仟馬達力以下之高壓馬達，如TBCCW,中央寒水機之壓縮機及冰水泵等
- 電源供應來源及切換方式與NA匯流排相同
- 匯流排低電壓(27B)跳脫所有馬達負載，以保護馬達不要過載。



## 安全相關4.16KV匯流排

- 分A,B兩匯流排，彼此互相獨立，有四個電源供應分別為輔變、161KV起變、345KV起變及緊急柴油機。
- 正常運轉中A BUS由輔變供電，B BUS由161KV起變供電，以保持電源之互相獨立。
- LOV時自動隔離廠外電源及切離負載(load shedding)，並起柴油機，依序加載。SI時若外電正常，則柴油機只起動不併聯加載。
- 正常供電之電源喪失，採用慢速切換到後備電源。

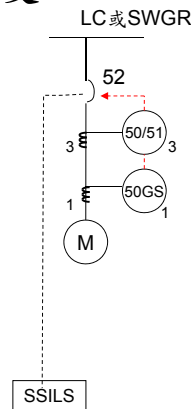
## 安全相關4.16KV匯流排電源配置方式

FSAR TABLE 8.3-5

受電狀況	正 常 操 作 電 源		更 迭 操 作 電 源	
	負載群A	負載群B	負載群A	負載群B
正常受電	機組輔助變壓器	161 KV起動變壓器	機組輔助變壓器	345 KV起動變壓器
345 KV及161 KV起動變壓器電源可用，及ESFAS或機組LOV信號動作時	利用殘餘電壓信號自動切換到345 KV起動變壓器	161 KV起動變壓器	利用殘餘電壓信號自動切換到161 KV起動變壓器	345 KV起動變壓器
僅345 KV起動變壓器電源可用及ESFAS或機組LOV信號動作時	利用殘餘電壓信號自動切換到345 KV起動變壓器	由緊急柴油發電機	緊急柴油發電機	345 KV起動變壓器
僅161 KV起動變壓器電源可用及ESFAS或機組LOV信號動作時	由緊急柴油發電機供電	161 KV起動變壓器	利用殘餘電壓信號自動切換到161 KV起動變壓器	緊急柴油發電機
沒有廠外電源可用而且ESFAS或機組LOV信號動作時	由緊急柴油發電機供電	由緊急柴油發電機供電	由緊急柴油發電機	緊急柴油發電機

## 大馬達的起動與保護

- 大馬達設備昂貴，用低壓馬達的保護不夠嚴謹，且大馬達一般都是高壓馬達，其短路電流相當大，電磁開關也不適合使用。
- 起停、隔離故障：靠斷路器，如load center之ACB或SWGR之中壓斷路器，斷路器的操作經由SSILS由控制室控制。
- 過載靠過流電驛51，故障電流靠瞬時過流電驛50偵測，都是去跳脫斷路器。
- 51電驛的特性必須在馬達起動時不會誤動作才可以。
- Load center則把三相的50/51電驛做成一電子電路叫ECS，附在斷路器上以節省配電設備空間及成本。
- 接地: 靠ground relay, 50GS

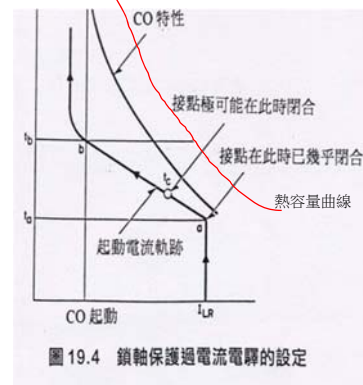


## 馬達的保護需求

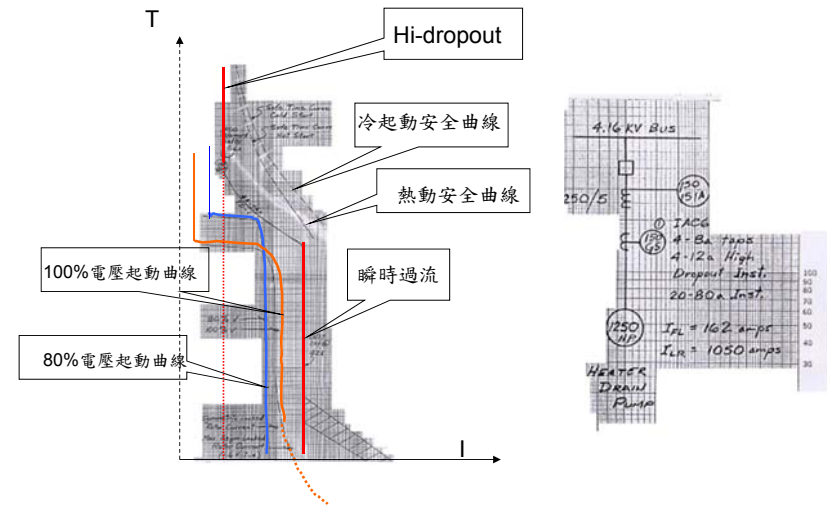
- 馬達的電氣保護基本上需保護馬達不會因過載，超過其過熱容量曲線，而破壞其線圈及鐵心之絕緣。
- 馬達的起動電流通常是滿載電流的好幾倍，所以保護設備也要顧及起動電流，不能妨礙馬達的正常起動
- 馬達絕緣破壞的情況可能有繞組層間短路，相間短路，相接地，通常前兩種情況發生前都會先有接地故障發生，所以馬達要有接地保護，才能縮小故障範圍。
- 馬達逆轉會傷害機械設備，欠相最終一定造成過載，所以有的場合也有增加逆相及欠相保護。

## 馬達過載保護的設定

- 過電流設定的原則是與熱容量曲線及起動電流曲線協調，如右圖所示
- 可惜保護電驛的曲線並不見得非常能匹配兩個曲線，尤其是短路故障的大電流，所以必須搭配瞬時過電流及hi-dropout接點，如次頁圖所示

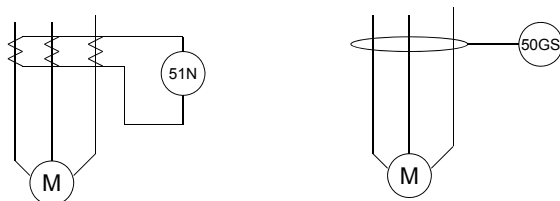


## 馬達過電流保護協調曲線

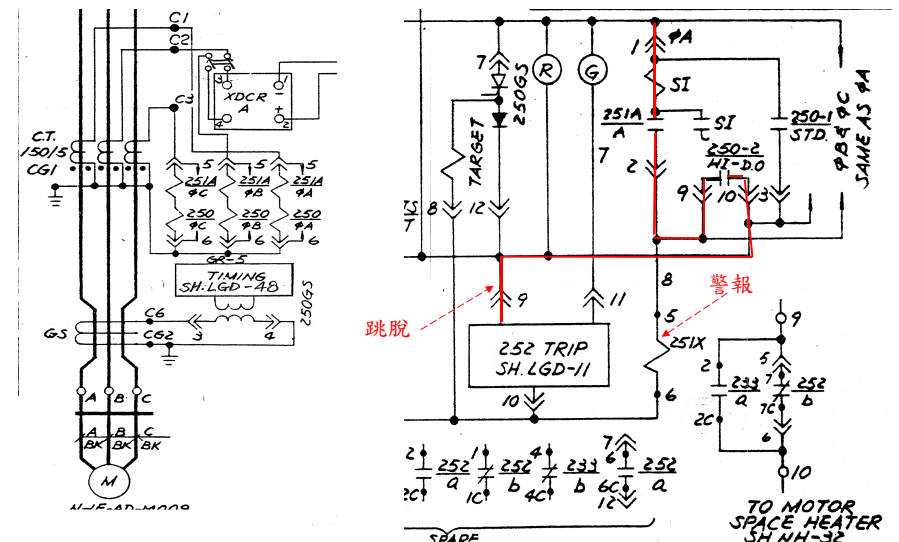


## 馬達的接地故障保護

- 馬達起動電流大，尤其是像在本廠這種全壓起動的系統，各比流器的飽和程度不同，電驛迴路中會有殘餘的零相電流，所以如果用51N電驛容易誤動作。
- 在低電阻接地的系統，可以使用零相比流器加瞬間跳脫，就不必顧慮各比流器飽和程度不同的問題，這種方法簡單可靠、快速，而且很經濟，因此本廠的馬達保護大量使用這種方式，此電驛叫50GS



## 馬達保護之接線圖

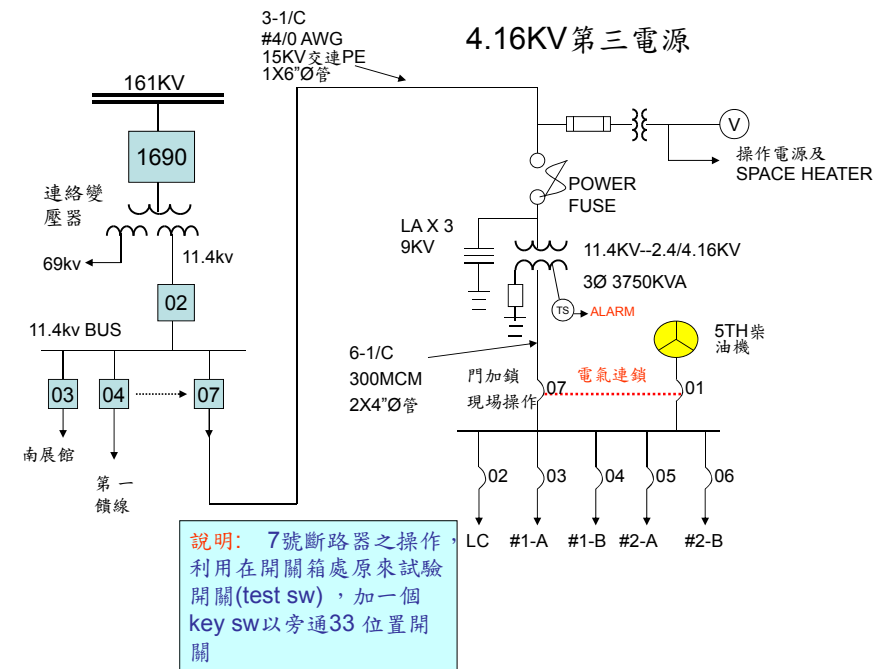






五號柴油機第三電源

57



## 非安全有關480V負載中心(L/C) 及 馬達控制中心(MCC)

- 負載中心有一1000KVA, 4.16KV/480V之乾式變壓器，從NB BUS受電(進水口之負載中心因距離遠，考慮壓降，所以從NA BUS受電)。
- 負載中心(NG)供電到MCC、60馬力以上之低壓馬達及較大的負載如充電機、PZR之加熱器等。
- 兩部機共同使用負載中心，如進水口，行政廠房，分別由1,2號機雙電源供應。
- 重要的負載中心如NG-S01,08有雙電源，分別從NB 及PB 供電，喪失廠外電源時，可由緊急柴油機供電。
- MCC(NH)收容60馬力以下的負載群，大部分NH是從NG 供電，但少部分從安全有關負載中心(PG)供電。SI或LOV 時，此部分會自動切離。可以手動復原。

## 負載中心外觀



AKR斷路器之外觀



MCC外觀

